

Viticultura de Precisão:
Avaliação da variabilidade espacial da produtividade e
qualidade na casta Touriga Nacional no Alentejo

Mariana Cavaca de Oliveira Pinto

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Viticultura e Enologia

Orientador: Doutor Ricardo Nuno Fonseca Garcia Pereira Braga

Júri:

Presidente:

- Doutor Jorge Manuel Rodrigues Ricardo da Silva, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogal:

- Doutor Carlos Manuel Antunes Lopes, Professor Associado com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Lisboa, 2015

Resumo

Neste trabalho pretendeu-se avaliar a magnitude da variabilidade espacial existente numa área de vinha, com a casta “Touriga Nacional” em Estremoz, com base na análise de diversos parâmetros relacionados com o vigor, produtividade e qualidade da uva. Verificando se possibilidade da variabilidade observada poder ser descrita com dados obtidos através da detecção remota.

Após avaliação da variabilidade, testou-se a utilização do índice de vegetação NDVI (*Normalised Difference Vegetation Index*) obtido por fotografia aérea digital num voo realizado ao pintor, como ferramenta para descrição da variabilidade espacial da vinha. Com base nos resultados obtidos nas 54 videiras em estudo, analisou-se a correlação existente entre o NDVI e as diferentes variáveis.

No ensaio em questão, o NDVI apresenta elevada correlação com as variáveis relacionadas com o vigor, como o Índice de Área Foliar ao Pintor ($r= 0,57$) e a Superfície Foliar Exposta ao fecho do cacho ($r= 0,7$), em relação à produtividade, observa-se um coeficiente de correlação de 0.43. Comparativamente aos parâmetros físico-químicos da uva, apenas se verificou correlação positiva com o pH ($r=0,56$), e correlação negativa com o Índice de Polifenóis Totais ($r= -0,51$). A existência de correlação entre o NDVI e as variáveis acima descritas, permite considerar a hipótese de utilização do NDVI como estimador de vigor e de produtividade.

A segmentação da vindima em NDVI_baixo e NDVI_alto, não apresentou valores significativamente diferentes no que diz respeito à análise físico-química, no entanto em termos de análise sensorial os vinhos provenientes da zona de NDVI _baixo, mostraram-se mais equilibrados resultando numa apreciação global superior.

PALAVRAS-CHAVE: viticultura de precisão, detecção remota, NDVI, vindima segmentada

Abstract

In this dissertation it was intended to study the spatial variability in a vineyard with the variety “Touriga Nacional” in Estremoz, on the basis of the analysis of various parameters related to the vigour, yield and quality of grapes.

After observation of the variability, we tested the use of vegetation index NDVI (Normalised Difference Vegetation Index), obtained by digital aerial photography on a flight performed at veraison, as a tool for the description of the spatial variability of the vineyard.

On the basis of the results obtained in 54 vines, in this study, we analyzed the correlation between NDVI and the different variables.

In the present essay, the NDVI shows high correlation with the variables related to the vigour and yield such as the Leaf Area Index to the Verasion ($r=0,57$) and Exposed Leaf Area to bunch closure ($r=0,7$), in relation to yield, it can be observed a correlation of 0,43. Compared to physical-chemical parameters of the grape, it was only found positive correlation with pH ($r=0,56$) and negative correlation with the Index of Total Polyphenols ($r=0,51$). The existence of a correlation between the NDVI and the variables above described, allows us to consider the possibility of using the NDVI to estimate the vigour and production of the vine.

The segmentation of the vintage in low NDVI and high NDVI did not have significantly different values with respect to the physical-chemical analyses, however, in terms of sensory analyses, both wines coming from the segmentation of the vintage proved to be more balanced, resulting in an overall top evaluation.

KEY- WORDS: Precision Viticulture, remote sensing, NDVI, segmented harvest

Extended Abstract

The wine industry presents a huge volume of business and value added and, above all, a very positive value of its trade balance. Thus, it becomes unavoidable to produce with low environmental and production costs, increasing the quantity and quality of the productions. Within this context, it was observed the utilization of Precision Viticulture tools, with the main aim of optimizing the profitability and quality of the production unit as well as the reduction of the environmental impacts.

This study sought to measure the magnitude and variability in a vineyard with grape variety “Touriga Nacional”, located at Estremoz, based on the analysis of several parameters related to the vigor, yield and quality of the grape; checking if the variability observed could be described through the data obtained by remote sensing.

After evaluation of the variability we tested the index of vegetation NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) obtained by digital aerial photography on a flight conducted at Veraison, as a tool to describe the spatial variability of the vineyard. Based on the results obtained in the 54 vines in this study, we analyzed the correlations between the NDVI and the different variables.

It was carried out a statistical analysis of the data: descriptive analysis, regression analysis and analysis of variance.

By the descriptive analysis it can be concluded the existence of a moderate variability of several variables, however, very high values of variability were not observed, being 0,88 the highest coefficient of variation observed for the volume of the berries. It was observed variability in the parameters related to the vigor such as: pruning wood weight (cv=41%), average weight of branch (cv=37%), Ravaz Index (cv=42%), number of branch ($r=0,42$), total number of branch ($r=0,48$) and the sprouting index ($r=0,52$). It is noted that there is variability in the amount wherein the parameters related to vegetative growth which have a variability of the order of ($11\% > r < 36\%$). The relations leaf-fruit also present variability through Leaf Area (m^2)/Production (kg) (cv=26%), and of the relation exposed leaf area (m^2)/Production (kg) (cv=30%).

The variables related to yield have a moderate-high variability, being the highest values verified at the closure of the bunch and at the maturation in the weight and volume of the bunches. Regarding productivity, it can be observed some places in which the variability is of 25%.

Regarding the quality parameters, the variability verified is low in every parameters related to the maturing control and only in the anthocyanins and index of total polyphenols have coefficients of variation slightly higher than 10%.

The variables responsible to the vigor and production are the ones which show greater variability.

Through the analysis of the correlation between NDVI and the deferent variables which characterize vigor, yield and quality, it was verified that NDVI presents a high correlation with the data that characterize the vegetation cover, leaf area ($r=0,57$ and $r^2=0,329$), relationship SFE/kg of grape ($r=0,42$; $r^2=0,17$), weight/vine, Ravaz Index and production. The existence of correlation between NDVI and the variables above described, suggest the possibility of the use of NDVI as estimator of vigor and vine production.

However the present results of this study do not show correlations between NDVI and the analytical quality parameters of the grapes such as the Brix degree, total acidity and concentration of anthocyanins.

Índice

Resumo.....	3
Abstract.....	4
Extended Abstract.....	5
Índice	7
Índice de Figuras.....	9
Índice de Quadros.....	11
1. Introdução.....	13
1.1 Objectivos.....	14
2. Revisão Bibliográfica.....	15
2.1. Agricultura de Precisão.....	15
2.1.1 Conceito.....	15
2.2.2 Tecnologias.....	15
2.3 Viticultura de Precisão.....	18
2.3.1 Enquadramento Mundial e Nacional.....	18
2.3.2 Conceito.....	18
2.3.3 Implementação da Viticultura de Precisão.....	19
2.4 Detecção Remota.....	21
2.4.1 Conceito.....	21
2.4.1 Metodologias e aplicação.....	22
2.4.2 Índices de vegetação.....	26
2.4.3 “Normalised Difference Vegetation Index” - NDVI.....	27
2.5 Caracterização da variabilidade espacial das videiras.....	30
2.5.1 Vigor.....	33
2.5.2 Relações de frutificação/vegetação.....	33
2.6. Vindima Segmentada.....	39
2.7 Estudos de caso – NDVI.....	41
3. Material e métodos.....	42
3.1 Caracterização do ensaio.....	42
3.1.1 Localização e características da vinha.....	42
3.1.2. Características Edafo-Climáticas.....	43
3.2. Material Vegetal.....	46
3.2.1. Casta.....	46
3.2.2. Porta-Enxerto.....	46
3.3. Delineamento experimental.....	47
3.4 Metodologias.....	48
3.4.1 Estados Fenológicos.....	48
3.4.2. Caracterização da videira.....	48
3.4.2. Medições estrutura perene da videira.....	48
3.4.4 Carga à poda, Abrolhamento e Fertilidade.....	49
3.4.5. Peso de lenha de poda.....	49
3.4.6. Biomassa das infestantes.....	50
3.4.7. Área Foliar.....	50
3.4.10 Dimensão do coberto vegetal.....	52
3.4.11. Componentes da produtividade.....	54
3.4.12. Número de folhas amarelas por cepa.....	54
3.4.13. Monitorização da maturação da uva.....	54
3.4.14. Potencial Hídrico Foliar.....	55

3.4.15	Obtenção das cartas de NDVI	56
3.4.16	Segmentação da vindima	56
3.4.17	Produtividade Vindima.....	57
3.4.18	Vinificação	57
3.4.19	Análise Laboratorial do vinho.....	58
3.4.20	Análise Sensorial	59
3.4.21	Análise Estatística dos Dados	59
4.	Resultados e Discussão	60
4.1	Cartas de NDVI.....	60
4.2	Análise Descritiva	61
4.3	Análise de correlação	71
4.4	Análise Sensorial	81
5.	Conclusão	85
6.	Bibliografia	88

Índice de Figuras

Figura 1- Processo de entradas (<i>inputs</i>) e saídas (<i>outputs</i>). (adaptado de Cook & Bramley, 1998).....	19
Figura 2 – Processo cíclico da Viticultura de Precisão (adaptado de Bramley, 2000).	19
Figura 3 – Comportamento dos corpos face à radiação (Fonte-Braga, 2008).....	22
Figura 4 – Perfil do espectro de reflectância da casta Cabernet Sauvignon, de uma cultura de grão-de-bico e de um solo vermelho-acastanhado descoberto (Percentagem solar reflectida = 100*Reflectância). Dados recolhidos numa vinha da Charles Sturt University (Adaptado de Lamb, 2001).	24
Figura 5 – Fotografia aérea de falsa cor de uma parcela de vinha com resolução espacial de 30cm (esquerda) e 3m (direita) (adaptado de Proffitt <i>et al.</i> ,2006).....	26
Figura 7- a) Carta de uvas gerado pelos resultados de cerca de 200 amostras de uvas; b) Carta de concentração fenólica obtido através de uma imagem de vigor retirada ao Pintor; c) Carta da concentração fenólica das uvas gerado pelos resultados de cerca de 200 amostras de uvas; d) Carta de concentração fenólica obtido através de uma imagem retirada ao Pintor (adaptada de Lamb, 2001).....	30
Figura 6 – Imagem de densidade das células da planta ao Pintor 2002 (a) e carta de produção do mesmo ano (b), numa parcela de Cabernet Sauvignon (Austrália). Em (a), a cor a vermelho indica as zonas de menor vigor. A linha horizontal em ambas as figuras, separa a zona de maior e meor vigor, realizando-se vindima segmentada (Fonte – Bramley <i>et al.</i> , 2003).....	40
Figura 8 - Fotografia aérea da vinha do ensaio (área delimitada pela linha amarela)	42
Figura 9 – Climograma de 2011-2012 (Dados IPMA)	44
Figura 10 - Diagrama Ombrotérmico de Gaussen para (1971-2000), Estremoz (Dados IPMA).....	45
Figura 11 - Diagrama Ombrotérmico de Gaussen para 2011-2012, Estremoz (Dados IPMA).....	45
Figura 12- Carta de condutividade eléctrica – parcela da casta “Touriga Nacional”. Quinta da Esperança, Estremoz 2008.	47
Figura 13 - Exemplo de marcação de ponto de amostragem	48
Figura 14 - Representação esquemática da face superior do limbo de uma folha de videira: Nervuras esquerda (Le) e direita (Ld) medidas para o cálculo da área foliar.	51

Figura 15 – Esquema da medição das dimensões da sebe.....	53
Figura 16 – Segmentação da vindima de acordo com NDVI.	57
Figura 17 - Carta de NDVI, Encostas de Estremoz – Quinta da Esperança, 2012. Os pontos representam as diferentes zonas de amostragem.	60
Figura 18 - Dados relativos ao Índice de Área Foliar nos 9 pontos em estudo, em três estados fenológicos: Floração, Pintor e Maturação.....	64
Figura 19 - Dados relativos à Superfície Foliar Exposta, nos 9 pontos em estudo, durante três estados fenológicos: Floração, Pintor e Maturação.	65
Figura 20 – Evolução do Potencial Hidrico de Base, do pós-floração à maturação, na casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.	69
Figura 21 - Relação entre NDVI e o Peso médio por sarmento (a) e o Peso de lenha da poda kg/planta (b), de videiras da casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.	71
Figura 22 - Relação entre NDVI e SFE m ² /ha, em videiras da casta “Touriga Nacional”, no estado fenológico do Pintor, Estremoz 2012.	73
Figura 23 - Relação entre NDVI e Índice de Área Foliar, em videiras da casta “Touriga Nacional”, no estado fenológico do Pintor, Estremoz 2012.	73
Figura 24 - Relação entre NDVI e relação Superfície Foliar Exposta/ kg de uva, na casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.	75
Figura 25 - Relação entre NDVI e Peso do cacho e nº bagos por cacho no estado fenológico fecho do cacho, na casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.....	76
Figura 26 – Cinética de fermentação a) ensaio resultante da segmentação do NDVI_baixo; b) ensaio resultante da segmentação do NDVI_ alto, casta “Touriga Nacional”, 2012.....	80

Índice de Quadros

Quadro 1 - Estatística descritiva para as variáveis relacionadas com a caracterização da videira, vigor dos sarmentos e fertilidade	61
Quadro 2 -Estatística descritiva para as variáveis relacionadas com a caracterização do coberto vegetal.....	63
Quadro 3 -Estatística descritiva para as relações de vegetação/frutificação.	66
Quadro 4 -Estatística descritiva para os componentes da produtividade	67
Quadro 5 - Estatística descritiva para o Potencial Hídrico de Base e para o Débito dos gotejadores	68
Quadro 6 - Estatística Descritiva para os parâmetros de qualidade.....	70
Quadro 7 - Coeficiente de correlação entre NDVI e parâmetros de caracterização de videiras da casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.....	72
Quadro 8 - Coeficiente de correlação entre NDVI e factores relacionados com o coberto vegetal, na casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.....	74
Quadro 9 - Coeficiente de correlação entre NDVI e as relações frutificação/vegetação.....	75
Quadro 10 - Coeficiente de Correlação entre NDVI e variáveis da produtividade.....	76
Quadro 11 - Coeficiente de correlação entre o NDVI e o Potencial Hídrico de Base e o débito dos gotejadores	77
Quadro 12 - Coeficiente de correlação entre o NDVI e as variáveis de produtividade e qualidade em videiras da casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.	78
Quadro 13 - Análise físico-química dos mostos antes da fermentação alcoólica. ...	79
Quadro 14 - Parâmetros analíticos dos vinhos resultantes da segmentação da vindima	81
Quadro 15 - Comparação da análise sensorial de vinhos resultantes da segmentação da vindima em NDVI_alto e NDVI_baixo e três gamas dos vinhos Encostas de Estremoz: Encostas_EG -Entrada de Gama; Encostas_MG – Média gama; Encostas_TG – Topo de Gama.	82
Quadro 16 - Comparação da análise sensorial de vinhos provenientes da segmentação da vindima em NDVI_alto e NDVI_baixo, na casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.....	83

Quadro 17 - Comparação da análise sensorial dos vinhos: NDVI_baixo e Encostas_TG, da casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.	83
---	----

1. Introdução

A indústria do vinho apresenta um elevado volume de negócios e valor acrescentado e, sobretudo, um valor muito positivo na sua balança comercial. Este sector, para além do seu elevado valor económico, sempre apresentou um efeito muito importante, quer no emprego gerado na produção da uva, quer na ocupação do mundo rural e por isso é também de elevada importância estratégica para Portugal, sendo inegável a crescente importância que o sector vitivinícola tem adquirido na economia portuguesa (Alberto & Ferreira 2007).

Com o surgimento de novos Países produtores de vinho, os chamados países do “Velho Mundo”, onde se inclui Portugal, estão a ser obrigados a inovar e dinamizar o sector vitícola, de modo a tornarem-se mais competitivos. Deste modo é fundamental a aposta na produção de vinhos de qualidade, com baixo impacto ambiental e acima de tudo competitivos.

Devido a importância que se verifica, em produzir com baixos custos ambientais e de produção, aumentando a quantidade e qualidade das produções, têm-se verificado uma grande evolução tecnológica em Viticultura.

O surgimento da Viticultura de Precisão envolve o desenvolvimento e a adopção de técnicas de gestão da variabilidade temporal e espacial das parcelas, com o objectivo principal de otimizar a rentabilidade e a qualidade da unidade de produção, bem como a redução dos impactos ambientais (Cook & Bramley, 1998).

A utilização de ferramentas como o *Global Positioning System* (GPS), *Geographic Information System* (GIS), monitores de produtividade, utilização da tecnologia de taxa variável (VRT), a cartografia de solos com base na condutividade eléctrica e a detecção remota, permitem uma gestão mais orientada da vinha, possibilitando um aumento de competitividade no sector.

Neste trabalho, procedeu-se à obtenção de imagens aéreas, através de detecção remota. A detecção remota, baseia-se na capacidade que os sensores têm de quantificar separadamente os diferentes comprimentos de onda reflectidos por um objecto, sendo possível construir índices a partir das imagens recolhidas, possibilitando assim quantificar e qualificar a variabilidade existente numa determinada parcela (Ortega & Esser, 2002).

Existem diversos índices de vegetação contudo neste estudo foi utilizado o NDVI (*Normalised Difference Vegetation Index*), sendo obtido por uma combinação das reflectâncias no infravermelho próximo e vermelho (NIR-R/NIR+R), os valores de NDVI encontram-se entre 0-1, sendo um representante de videiras com maior expressão vegetativa (Lamb, 2000).

de NDVI, permitem a avaliação da variabilidade espacial da qualidade e produtividade, permitindo gestão orientada da parcela, principalmente no que diz respeito à aplicação de fitofármacos, fertilizantes e água, diminuindo os custos de produção, bem como os impactos ambientais.

Estas ferramentas permitem também a realização de vindima segmentada, ou seja a selecção da colheita de acordo com as diferenças quer em termos de produção quer em termos de qualidade, com base em algum tipo de informação espacial, tal como imagens obtidas por detecção remota e cartas de produtividade (Bramley & Hamilton, 2005)., potenciando assim a qualidade da uva, diminuindo a heterogeneidade do lote devido à variabilidade existente nas sub-parcelas delineadas a partir da de NDVI.

1.1 Objectivos

Os objectivos desta dissertação são:

- ✓ Quantificar a variabilidade espacial da produtividade e qualidade da uva, numa parcela de vinha de Touriga Nacional, situada em Estremoz;
- ✓ Testar a capacidade da utilização do índice vegetativo resultante utilização da detecção remota, em particular do NDVI, para descrever a variabilidade espacial da parcela;

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Agricultura de Precisão

2.1.1 Conceito

O conceito de Agricultura de Precisão (AP) surgiu no início da década de 90 nos EUA, tendo os primeiros estudos recaídos de forma mais efectiva sobre as culturas cerealíferas da Austrália e dos EUA (Ortega & Esser, 2002). Existem diversas definições para AP, sendo que uma das mais completas é citada por Cook & Bramley (1998): “ agricultura de precisão é o termo dado aos métodos de gestão de culturas que reconhece a gestão da variabilidade espacial e temporal da parcela. A esta definição pode ainda complementar-se que a AP é um sistema focado em minimizar os inputs e em melhorar a eficiência, de modo a tornar a agricultura um sistema mais sustentável.

A Agricultura de Precisão distingue-se da agricultura convencional pelo seu nível de gestão, isto é, em vez de se administrar uma área inteira como uma única unidade, a gestão é adaptada para pequenas parcelas (Cook & Bramey, 2001; Bramley *et al.*, 2006).

A AP envolve o desenvolvimento e a adopção de técnicas de gestão da variabilidade temporal e espacial das parcelas, com o objectivo principal de otimizar a rentabilidade e a qualidade da unidade de produção, bem como a redução dos impactos ambientais (Cook & Bramley, 1998; Blackmore, 1999).

2.2.2 Tecnologias

Esta gestão orientada tornou-se possível com o desenvolvimento de recentes tecnologias, tais como o Sistemas de Posicionamento Global (GPS), o Sistema de Informação Geográfico (GIS) e os sensores remotos, permitindo assim observar e compreender a variabilidade associada aos respectivos sistemas de produção (Arnó *et al.* 2009; Bramley & Proffitt, 1999).

2.2.2.1 Sistemas de posicionamento global

O GPS (*Global Positioning System*) surgiu na década de 70 e foi criado pelo Departamento de Defesa dos E.U.A., para oferecer a posição instantânea, bem como a velocidade e o horário de um ponto qualquer sobre a superfície da terra ou bem próximo a ela, num referencial tridimensional (Bernardi & Landim, 2002). Segundo Searcy (1997), o sistema de posicionamento global é uma das bases da

agricultura de precisão. Uma vez que o conceito de agricultura de precisão baseia-se em informações georreferenciadas, a precisão das coordenadas deve ser tão alta quanto possível.

2.2.2.2 Sistemas de informação geográfica

Um sistema de informação geográfica (SIG) em Inglês *Geographic Information System* (GIS), integra um *software* de informação espacial que funciona como base de dados para análise e gestão de uma representação, espacial que nos permitem ter uma percepção do espaço, e que tem a capacidade de manipular, consultar, visualizar, arquivar e modelar os dados (Clark & McGucken, 1996).

2.2.2.3 Monitorização da produtividade das culturas

Um monitor de produtividade é um equipamento que em conjugação com um receptor GPS, permite a medição em tempo real da produtividade de uma cultura, possibilitando a apresentação desses dados em forma de carta (Coelho e Silva, 2009).

As cartas de produtividade são bastantes importantes em agricultura de precisão já que apresenta de forma clara os padrões de uma das variáveis mais importantes na gestão agrícola, a produtividade.

2.2.2.4 Tecnologia de taxa variável –VRT

A análise da variabilidade espacial da produtividade assim como da disponibilidade de recursos (solo, nutrientes, etc.) pode resultar na necessidade de aplicação com taxa variável no espaço de uma parcela. Assim, ao contrário dos distribuidores convencionais em que a taxa a aplicar (determinada para as condições médias de uma parcela) é mantida constante durante toda a aplicação, nas aplicações com taxa variável a taxa a aplicar varia no espaço em funções de zonas pré-definidas. Esta possibilidade surge com os distribuidores munidos da tecnologia de taxa variável (VRT – *Variable Rate Technology*) e possibilita, por exemplo, a adequada produtividade e um uso eficiente de nutrientes, com simultânea redução do potencial de poluição ambiental (Robert, 1993; Mulla & Schepers, 1997).

O objectivo é que em cada local de uma parcela seja aplicada a taxa desejada do factor de produção em causa de acordo com as necessidades de cada zona, realizando-se uma gestão orientada. O operador em vez de calibrar o distribuidor para uma taxa única, fornece através de um cartão de memória, uma carta de prescrição em que para cada zona da parcela é definida uma taxa de aplicação específica (Braga, 2009).

2.2.2.5 Cartografia da condutividade eléctrica do solo

A capacidade de um solo conduzir uma corrente eléctrica mede-se em Condutividade Eléctrica Aparente de um Solo (ECa). A medição da ECa é útil na agronomia pois permite obter s de variações das propriedades do solo, tais como, a profundidade do perfil, a textura, a presença de sais e a humidade do solo (Braga, 2008).

Na Agricultura de Precisão, a ECa mostra grande potencial, porque delimita áreas homogéneas, ajudando no tratamento, gestão, instalação e produção da cultura. A carta de classes da ECa é também útil aquando a realização de amostras de solo inteligentes, isto porque, permite que a amostra do solo da parcela seja comparada com a classe ECa, permitindo um conhecimento mais concreto do solo da parcela (Braga, 2008).

A ECa é afectada pela humidade do solo, percentagem de argila, tipo de argila, a concentração iónica da matriz do solo, densidade do solo (Dabas *et al.* 2003).

2.2.2.6 Detecção remota

A detecção remota é uma técnica que recolhe informação sobre os objectos através da análise dos dados recolhidos por instrumentos especiais que não estão em contacto físico com os objectos investigados (Ortega & Esser, 2002). Baseia-se no facto de que todos os objectos na superfície terrestre reflectem a radiação solar.

As imagens de satélite são exemplos de produtos da detecção remota. De acordo com Thenkabail, P. (2002), o uso de dados provenientes de satélites com o propósito de quantificar e qualificar a variabilidade dentro e entre parcelas cultivadas é cada vez mais a mais importante fonte de informação para a agricultura de precisão

Os sistemas de detecção remota podem ser passivos ou activos. Os sistemas passivos não têm uma fonte artificial de radiação e detectam radiação electromagnética que é reflectida ou emitida pelo objecto a analisar (exemplo: sensores de satélite para radiação visível ou infravermelha). Os sistemas activos contêm uma fonte de radiação que incide sobre o objecto a analisar (exemplo: microondas de radar ou sonar).

As principais características de um sistema de detecção remota para a superfície terrestre são:

- Resolução espectral: número e características dos intervalos (bandas) de comprimento de onda captadas pelo sensor. Uma imagem é *pancromática* se contém apenas uma banda e é *multiespectral* se contém mais do que uma.

- Resolução espacial: comprimento do lado de uma parcela no terreno correspondente a um *pixel* da imagem obtida pelo sistema. Note-se que uma *maior* resolução corresponde a uma imagem com *menor* detalhe.
- Resolução temporal: intervalo de tempo entre duas imagens consecutivas da mesma parcela de terreno.

Sendo a detecção remota uma tecnologia com maior enfoque neste estudo, será aprofundada mais à frente no capítulo.

2.3 Viticultura de Precisão

2.3.1 Enquadramento Mundial e Nacional

A aplicação das técnicas de AP na viticultura é relativamente recente. O surgimento dos monitores de produtividade permitiu o desenvolvimento dos primeiros estudos em Viticultura de Precisão (VP), inicialmente nos EUA (Wample *et al.*, 1999) e Austrália (Bramley & Proffitt, 1999). Desde então a VP tem sido aplicada não só nestes dois países, mas também na Argentina, no Chile, na África do Sul e mais recentemente em Espanha e outros países da Europa, particularmente França e Portugal (Arnó *et al.*, 2009).

A emergência da VP na Austrália promoveu novas tecnologias capazes de mapear a variabilidade espacial de parâmetros relacionados com a produtividade dentro do que tem sido tradicionalmente a unidade básica de gestão vitícola: a vinha. (Arkun *et al.*, 2000).

2.3.2 Conceito

Segundo Cook & Bramley (1998), o processo de viticultura pode ser descrito como um processo de entradas (inputs) e saídas (outputs), o reconhecimento de que esta relação pode ser variável dentro da mesma vinha, permite que se proceda a uma gestão mais orientada (Figura 1). A partir da utilização de produtividade bem como de outras ferramentas de , toma-se conhecimento da variabilidade existente, deste modo, a implementação da viticultura de precisão, permite uma utilização mais eficiente dos *inputs*, como a rega, fertilização e produtos fitossanitários, permitindo um aumento na qualidade da produção bem como na rentabilidade do sistema. Contudo, neste sistema de *inputs* e *outputs*, existem variáveis que não podem ser controladas como a chuva, radiação e tipo de solo.

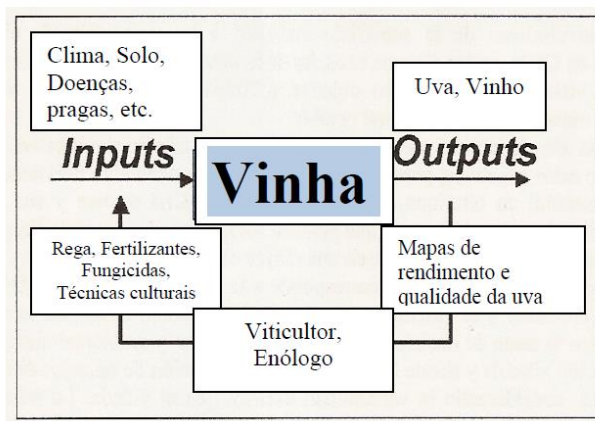


Figura 1- Processo de entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*). (adaptado de Cook & Bramley, 1998)

2.3.3 Implementação da Viticultura de Precisão

A implementação da VP como ferramenta na gestão da vinha é um processo cíclico e contínuo, que se inicia com a observação e recolha de dados, seguindo-se a interpretação e avaliação dos mesmos, de modo a implementar-se uma gestão orientada dos *inputs* e/ou uma vindima segmentada (Bramley *et al.*, 2001; Bramley & Lamb, 2003).

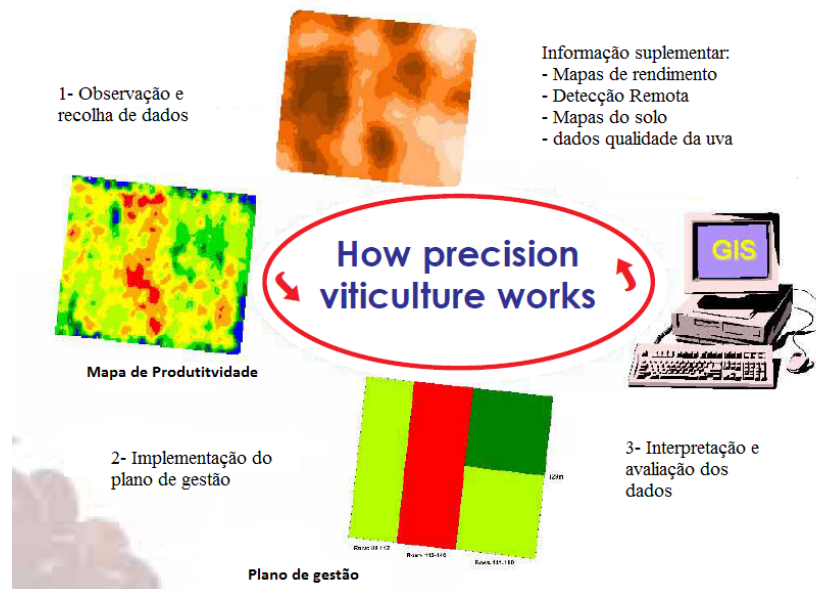


Figura 2 – Processo cíclico da Viticultura de Precisão (adaptado de Bramley, 2000).

Por “gestão orientada”, entende-se o tempo e duração dos inputs utilizados, nomeadamente da água e dos fertilizantes, bem como a gestão da utilização das máquinas de vindima, de poda ou para qualquer outra operação relacionada com a gestão da vinha, tendo em conta a sua variabilidade.

Tendo como objectivo melhorar o diagnóstico, a tomada de decisões e o uso eficiente de *inputs*, a VP fornece ao sector vitivinícola informação georreferenciada da variabilidade da vinha, possibilitando assim a optimização da produção e da qualidade das uvas/vinho de acordo com os objectivos pretendidos (Bramley & Proffitt, 1999; Martínez – Casasnovas & Bordes, 2005).

Bramley & Hamilton (2004) afirmam que a eficácia da VP está condicionada pelas seguintes condições:

- ✓ Se a variação espacial da produtividade é constante com uma certa estabilidade ano após ano;
- ✓ Se as causas que originam a variabilidade forem identificadas e de importância fundamental;
- ✓ Se estas causas podem ser geridas diferenciadamente na parcela.

Em vários estudos Bramley (2000), Bramley & Lamb (2001;2003)), mencionam os benefícios da adopção da VP, tais como:

- 1) Utilização mais eficiente dos *inputs* (rega, fertilizantes, fitofármacos, etc.):
 - ✓ Melhoria da sustentabilidade;
- 2) Utilização de melhores práticas agrícolas:
- 3) Segmentação da vindima de acordo com as expectativas de qualidade e/ou produtividade.
- 4) Melhoria da programação da vindima:
- 5) Maior precisão das amostragens realizadas ao nível da parcela:
 - ✓ Melhor monitorização de pragas e doenças;
 - ✓ Previsão de Produtividade.

A introdução da tecnologia de carta de produtividade da vinha, permitiu que as assinaturas espectrais da videira e os parâmetros biofísicos fossem melhor compreendidos. As melhorias na resolução espectral e espacial, e também a disponibilidade de sensores a preços razoáveis, têm aumentado o interesse por parte dos viticultores na utilização de imagens aéreas de modo a monitorizarem aspectos como o estado fisiológico e o desenvolvimento da vinha, bem como para construção de um banco de dados para melhor suporte de decisões técnicas na vinha (Arkun *et al.*, 2000).

Outra razão para a adopção de sistema de VP, é o elevado valor atribuído ao produto final, cujo preço varia de acordo com a qualidade do mesmo, deste modo o objectivo do produtor é melhorar o produtividade sem comprometer a qualidade (Smith, 2003).

Assim os benefícios para a adopção da VP podem demonstrar-se a dois níveis: para o viticultor, visto que melhora o uso dos factores de produção, reduzindo os custos e o impacto ambiental; e para os enólogos já que a VP permite melhorar a logística na adega, tendo-se um melhor conhecimento do que está a acontecer na vinha antes da chegada da uva à adega. (Arnó *et al.*, 2009).

Um dos argumentos mais forte para a adopção da VP é a variabilidade que tem sido demonstrada ao longo dos últimos anos, através do mapeamento, na vegetação, na produtividade e na qualidade (Bramley & Lamb, 2001, Ortega & Esser, 2007, Hall *et al.*, 2002). Desde que existe variabilidade na quantidade e qualidade, há uma oportunidade de gestão específica para melhorar a eficácia e a rentabilidade da produção.

Proffitt (1999), realizou simples suposições sobre a qualidade da produção, usando cartas de produtividade e analisando a margem bruta, sugeriu que a utilização da VP, pode ser bastante rentável.

2.4 Detecção Remota

2.4.1 Conceito

A utilização da detecção remota permite o mapeamento de diferenças relativas na densidade do coberto vegetal e no comportamento fisiológico, que podem influenciar a produtividade e a qualidade das uvas (Johnson *et al.*, 1996, 2001; Hall *et al.*, 2002).

O uso da detecção remota (satélite e fotografias aéreas digitais) compreende um importante campo de investigação na VP, que se baseia no facto de todos os objectos na superfície terrestre reflectirem a radiação solar. É uma técnica que recolhe informação dos objectos através dos dados recolhidos por instrumentos especiais que não estão em contacto físico com os objectos investigados (Ortega & Esser, 2002).

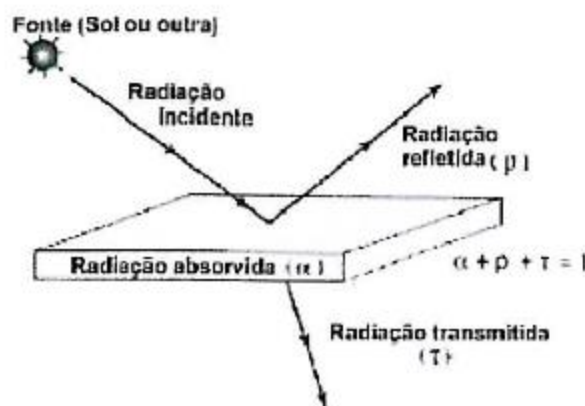


Figura 3 – Comportamento dos corpos face à radiação (Fonte-Braga, 2008)

Os sensores remotos têm a capacidade de quantificar separadamente os diferentes comprimentos de onda reflectidos por um objecto, sendo possível construir índices a partir das imagens recolhidas.

2.4.2 Metodologias e aplicação

A detecção remota em plataformas aéreas pode ser feita por satélite, tais como Ikonos, Aster, Landsat7, ou por imagens aéreas. As imagens provenientes de satélites apresentam algumas desvantagens em relação às obtidas a partir de aviões na utilização da VP, o seu custo é muito elevado, já que não é possível adquirir apenas a parte da imagem correspondente a determinada exploração. Em segundo lugar não é possível programar a data exacta de obtenção da imagem, o que em viticultura é essencial, visto que se pretende a obtenção da imagem num estado fenológico concreto (Braga, 2008).

A opção de recorrer a imagens de satélite, é mais utilizada em estudos vocacionados para a gestão da rega, existindo sempre o inconveniente da resolução espacial (máximo de 4 metros, não sendo compatível com a unidade de gestão pretendida), e ainda o inconveniente da gestão temporal, isto porque a fotografia de satélite nem sempre é captada no estado fenológico pretendido. A vantagem de se obterem imagens aéreas é conseguir-se abranger uma área até 200ha com uma resolução de sensivelmente 20cm até 1m. Desta forma, consegue-se uma maior resolução espacial das imagens (menor altitude) assim como total independência em relação às condições atmosféricas.

Deste modo, as fotografias aéreas a partir de aviões de baixa altitude são a técnica mais utilizada em Portugal, para a obtenção de imagens com boas resoluções tornando-se a fonte de dados mais importante e fidedigna para a aplicação/execução da VP (Pires, 2008).

A data de aquisição da imagem é um dos factores mais importantes quando se implementa a VP, segundo Bramley *et al*, (2006) “Saber quando adquirir a imagem é tão importante como conhecer as ferramentas a utilizar e os protocolos a seguir”.

Existem três fases do ciclo da vinha sugeridas para recolha de informação (voo): Floração, Pintor e Maturação. De forma a racionalizar a relação custo/qualidade de informação podemos concentrar a recolha em apenas um voo: Pintor, fase fenológica que permite uma melhor correlação com a carta de produtividade (Lamb *et al.*, 2001).

Em diversos estudos verificaram-se maiores correlações na altura do pintor, com uma janela de aproximadamente duas a três semanas. Lamb *et al.*, (2003), concluíram que para previsões da variação na cor e composição fenólica na vindima, as imagens aéreas devem ser capturadas durante o Pintor. Um ensaio realizado em 1999-2000 e 2000-2001, com a casta Cabernet Sauvignon, em Coonawarra (Sul Austrália), que as correlações, entre as cartas de NDVI, os compostos fenólicos e a cor, demonstram ser fortemente negativas, a seguir ao abrolhamento, sendo a maior correlação conseguida na altura do Pintor, e decresce aproximadamente 130 dias após o abrolhamento, isto é claramente uma associação entre a distribuição espacial da área vegetativa fotossinteticamente activa e a distribuição total dos compostos fenólicos e cor nas uvas. Em relação à produtividade esta relaciona-se directamente com o valor de NDVI, sendo encontrada maior correlação na altura do Pintor.

Em relação à reflectância, foi observado que plantas em bom estado vegetativo absorvem radiação no visível (0,4 a 0,7 μm), onde se encontra o comprimento de onda do vermelho (0,6 a 0,7 μm), e reflectem no infravermelho próximo (0,7 a 1,1 μm).

A reflectância da vegetação no infravermelho próximo apresenta grande sensibilidade a alterações na biomassa vegetal, deste modo à medida que a capacidade fotossintética se degrada, em resultado de *stress* hídrico, incidência de problemas fitossanitários, deficiências nutritivas entre outros, as plantas passam a absorver menos no vermelho, e portanto a reflectir mais, e a absorver mais no infravermelho (Campbell, 1996; Braga, 2008; Ortega & Esser, 2002)

A forte reflectância que as folhas apresentam no infravermelho próximo, está associada à estrutura das células das folhas e a água nelas contidas (Campbell, 1996).

Lamb (2001) demonstrou a importância da reflectância no infravermelho próximo, devido aos contrastes verificados num estudo da reflectância, entre o grão-de-bico, a canóia da videira e o solo, admitindo que a reflectância no infravermelho próximo é um importante parâmetro, estando directamente relacionado com a biomassa das plantas. Uma significativa proporção de luz solar é

também reflectida na banda do infravermelho próximo, e neste caso o contraste entre as folhas e o solo é muito maior (Figura 4).

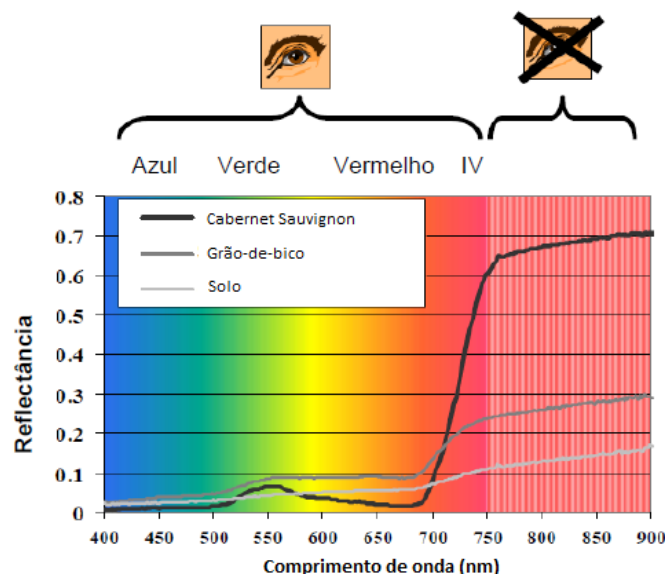


Figura 4 – Perfil do espectro de reflectância da casta Cabernet Sauvignon, de uma cultura de grão-de-bico e de um solo vermelho-acastanhado descoberto (Percentagem solar reflectida = $100 \times \text{Reflectância}$). Dados recolhidos numa vinha da Charles Sturt University (Adaptado de Lamb, 2001).

Segundo Calderón *et al.*, (2013) estudos sobre a detecção remota e as suas técnicas para detecção de doenças nas culturas encontram-se na bibliografia de vários autores, tais como, Barton, (2012), Hatfield & Pinter, (1993), Jackson, 1986; Nilsson, 1995; Sankaran, Mishra, Ehsani, & Davis, 2010; Oeste *et al.*, 2003. A grande parte destes estudos incide sobre as doenças foliares em culturas anuais, doenças estas que se caracterizam pela mudança de cor nas partes aéreas da planta.

Também têm sido realizados estudos que têm revelado o potencial das imagens aéreas multiespectrais para identificação e cartografia de regiões afectadas, por exemplo pela filoxera, e para estimativas de produção de vinhas infectadas, devido às alterações verificadas a nível da cor e da densidade do coberto vegetativo, identificando as zonas que apresentaram uma redução anual da densidade da vegetação (vigor) (Johnson *et al.*, 1996).

Um dos propósitos para utilização da detecção remota é a obtenção de cartas de produtividade bem como cartas de vigor (Hall *et al.*, 2002), a obtenção destas cartas permitem o planeamento de vindima segmentada, mapeamento de parcelas, localização de falhas entre outras (Braga, 2008). Por exemplo em Espanha, nas vinhas de Raimat (Lleida), a informação obtida através de imagens multiespectrais, foi utilizada para estimar o vigor e a produção (Martínez-Casasnovas & Bordes, 2005).

A detecção remota só pode ser utilizada para a monitorização da vinha quando (Johnson *et al.*, 1996, Arkun *et al.*, 2000, Hall *et al.*, 2002, Best *et al.*, 2005):

- ✓ os parâmetros biofísicos afectam a parede vegetativa da videira afectando também a assinatura espectral;
- ✓ o instrumento de detecção remota têm a resolução espacial, espectral e radiométrica apropriada para detectar as variações na assinatura espectral;

O sistema de detecção remota deve:

- ✓ ser capaz de adquirir e fornecer informações em tempo útil;
- ✓ ter características espectrais definidas pelo usuário para permitir a sintonização de indicadores específicos da videira;

Proffitt *et al.* (2006) indicam como as principais limitações da detecção remota:

- ✓ Em casos de elevada densidade da sebe o NDVI torna-se insensível (satura) às alterações da biomassa;
- ✓ A informação recolhida refere-se apenas às camadas exteriores, não contemplando as camadas interiores do coberto vegetal;
- ✓ Através do índice de biomassa consegue-se verificar, se a planta está em stresse, mas não se consegue identificar o tipo de stresse (praga, doença, nutrição ou stresse hídrico);
- ✓ Em sebes estreitas (0,5m) existe uma dominância dos valores do espectro relativos ao solo, sombra ou cor do solo;
- ✓ Existe a dificuldade em associar os valores medidos aos diferentes sistemas de condução e respectivas sebes (altura da sebe, densidade da sebe, nº de planos de vegetação, distância da entrelinha, etc.);
- ✓ Necessidade de processos e equipamentos adicionais para a produção de uma cartografia realista.

Em Proffitt *et al.* (2006) é mencionado o facto da cultura da vinha não preencher por completo o solo, logo, aquando da utilização da detecção remota é preciso separar na imagem os pixéis da entrelinha e da linha da vinha. Quando a resolução espacial é superior à largura da entrelinha, fica-se impossibilitado de fazer essa separação e cada pixel representa uma área com e sem coberto vegetal. Assim sendo é aconselhável a utilização de pixéis com resolução espacial inferior à entrelinha para permitir uma análise mais cuidada da imagem, ou seja, também mais exigente (Figura 5).



Figura 5 – Fotografia aérea de falsa cor de uma parcela de vinha com resolução espacial de 30cm (esquerda) e 3m (direita) (adaptado de Proffitt *et al.*, 2006).

2.4.3 Índices de vegetação

Os índices de vegetação são construídos com base na informação obtida através de imagens multiespectrais (imagens resultantes da reflectância espectral nos diferentes comprimentos de onda, especificamente nas bandas do Azul, Verde, Vermelho e infravermelho próximo), reduzem assim os dados fornecidos pelo espectro (cada pixel), num valor numérico, têm vindo a ser muito desenvolvidos para realçar as alterações na condição da vegetação (Wiegand *et al.*, 1991)

Os índices espectrais de vegetação, obtidos através de imagens de diferentes comprimentos de onda, são um meio para quantificar as diferenças existentes entre a biomassa das videiras (Bramley *et al.*, 2006).

Os índices mais utilizados em VP são *Plant Cell Density* (PCD), Bramley *et al.* (2003), *Photosynthetic Vigour Ratio* (Arkun *et al.* 2000; Bramley & Lamb 2003) e o mais comum *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Arkun *et al.*, 2000; Hall *et al.*, 2002; Johnson *et al.*, 2003).

$$PCD = \frac{NIR}{R}$$

O PCD é calculado com base na razão entre a reflectância no Infravermelho próximo e o vermelho (NIR/R). Este índice é semelhante ao NDVI, no sentido que apresenta a diferença entre valores de reflectância no infravermelho próximo (NIR), e os baixos valores na banda do vermelho. Apresentando valores elevados para elevada valores de biomassa fotossinteticamente activa.

$$PVR = \frac{G}{R}$$

O PVR é calculado com a razão entre a reflectância no verde e no vermelho (G/R).

$$NDVI = \frac{(NIR-R)}{(NIR+R)}$$

O NDVI – “*Normalised Difference Vegetation Index*”- um dos índices mais utilizados em VP, é obtido por uma combinação das reflectâncias no infravermelho (Hall, Lamb, Holzapfel, & Louis, 2002) o próximo e vermelho (NIR-R/NIR+R), proposto por Tucker (1979). Sendo este último o abrangido por este estudo, será abordado mais em pormenor.

2.4.4 “Normalised Difference Vegetation Index” - NDVI

Muitos índices têm sido desenvolvidos para realçar as alterações na condição da vegetação (Wiegand *et al.*, 1991). Actualmente parece não haver consenso na escolha do índice mais fiável e representativo do valor da biomassa fotossinteticamente activa porém um dos mais utilizados é o, *Normalised Difference Vegetation Index* (NDVI) (Proffitt *et al.*, 2006).

Os seus valores variam entre -1 e 1, sendo que nas zonas sem vegetação, o valor de NDVI é próximo de zero (Hall *et al.*, 2002). As zonas de maior densidade vegetal (maior vigor), apresentam maior reflectância na zona do infravermelho próximo, e uma menor reflectância na zona do vermelho, apresentando um valor de NDVI mais elevado (Ortega & Esser, 2002).

Com base no NDVI, é possível estabelecer diferentes classes numa mesma parcela, procedendo-se a uma zonagem diferenciada, podendo ser sujeitas a uma gestão orientada (Proffitt *et al.*, 2006).

A correlação desses índices com algumas características estruturais e fisiológicas da vinha são em geral, satisfatórias. Como exemplo, com base no cálculo do NDVI, pode-se concluir problemas de stresse hídrico ou fitossanitários (tais como doenças e pragas), que resultam numa alteração do índice de área foliar (Arkun *et al.*, 2000; Johnson *et al.*, 2003; Ortega-Farias *et al.*, 2003) A elevada reflectância, que vinhas saudáveis e vigorosas, apresentam no infravermelho próximo, em comparação com vinhas de baixo vigor, ou sujeitas a stresse hídrico, permite a observação de diferentes classes de NDVI (Lamb, 2001).

Assim como alternativa aos métodos convencionais de quantificar os teores de clorofila, que implicam a destruição da folha, têm vindo a ser desenvolvidos vários índices de vegetação, que pretendem quantificar os teores de clorofila de forma precisa e não destrutiva.

As assinaturas espectrais da folha foram utilizadas como forma de caracterizar o estado fisiológico das plantas. O teor de clorofila relaciona-se directamente com o potencial fotossintético e, em última análise, com a produtividade da planta (Johnson *et al.*, 2001).

Em diferentes investigações, foi determinada a existência de uma estreita relação entre NDVI e o Índice de Área Foliar (Johnson *et al.*, 2001; 2003; Cordeiro *et al.*, 2001; Dobrowski *et al.*, 2002).

Além disso, com as cartas de NDVI, foram desenvolvidas cartas de produtividade e cartas de vigor, que dando indicações sobre o equilíbrio da vinha (relação folha/fruto), foram utilizadas para segmentação da vindima, permitindo assim a produção de vinhos de uma forma mais seleccionada (produção de vinhos *premium*) (Johnson *et al.*, 2001, 2003; Hall *et al.*, 2002).

Deste modo, o NDVI constitui-se como uma boa forma de medir a actividade fisiológica das plantas, que o por sua vez, na maioria das situações, está relacionado com a quantidade de biomassa, com o IAF e, finalmente, com a produtividade (Coelho *et al.*, 2009). No entanto, as relações entre o NDVI e as variáveis do crescimento das plantas não são universais havendo necessidade de as obter caso-a-caso por validação no terreno.

Sendo importante referir que, a plena compreensão da inter-relação entre qualidade e quantidade, requer mais pesquisa sobre a relação entre índices de vegetação, obtidos por detecção remota, e a qualidade da produtividade. (Johnson *et al.*, 1996,2001,2003; Arkun *et al.*, 2000; Hall *et al.*, 2002; Best *et al.*, 2005).

Greenspan & O'Donnell (2001), investigaram a variabilidade espacial existente dentro de duas parcelas de vinha, de modo a analisarem possíveis correlações entre o NDVI e alguns parâmetros vitícolas. Obtiveram diferentes resultados, referentes à produtividade, grau Brix e disponibilidade de água, para cada zona de alto e baixo vigor vegetativo. Deste modo a utilização de segmentação de vindima consoante o vigor, permitiu um aumento de qualidade do vinho. A utilização de índices de vegetação, permitiu estabelecer uma gestão orientada dos 3ha de Chardonnay.

Johnson *et al.*, (2001), através das medições em campo de diversos parâmetros como, o vigor dos sarmentos principais, stress hídrico, avaliação da qualidade da uva e do vinho, demonstraram claras diferenças entre as zonas de alto e baixo vigor vegetativo.

É bem conhecido que para produzir uvas de elevada qualidade, é necessário controlar o vigor da vinha assim como o balanço entre a quantidade de folhas e a produção de uva (Smart, 1985). Esta relação folha/fruto é afectada por diversos factores, climáticos, fertilidade, humidade do solo, entre outros, onde a rega tem um efeito preponderante (Kliewer *et al.*, 1971).

Vários têm sido os estudos realizados para estimar o vigor da vinha através da utilização de sensores locais ou remotos, este facto deve-se à importância que este parâmetro representa na produção e qualidade das uvas.

Num trabalho de Johnson *et al.*, (2001), as cartas de NDVI foram usadas para definir três tipos de zonas dentro da parcela em estudo: de baixo, médio e elevado vigor. Foram feitas medições no campo segundo essa zonagem, que incluíram a avaliação do coberto vegetal, da fisiologia da videira (potencial hídrico, teor em clorofila) e da bioquímica do fruto. As uvas correspondentes a cada classe de NDVI foram fermentadas separadamente e posteriormente foi realizada uma avaliação aos vinhos. Os resultados revelam que, numa carta de NDVI, as manchas da vinha com maior valor deste índice de vegetação coincidem com zonas de maior vigor (maior peso de lenha de poda e menor transmitância através do coberto vegetal), e as zonas com menor valor de NDVI com zonas de menor vigor. Além disso, as análises ao mosto demonstraram que uvas provenientes das zonas de baixo e elevado vigor eram claramente diferentes e esta zonagem da vinha permitiu que se produzisse, pela primeira vez naquela parcela, um vinho qualidade superior sendo classificado como “Reserva”. Com a segmentação da vindima de acordo com as variações de vigor encontradas na vinha conseguem-se produzir lotes de vinha provenientes unicamente de uma zona da vinha, que concede ao enólogo mais flexibilidade no processo de constituição do lote final.

Segundo Arkun (2000) a detecção remota oferece uma visão geral do crescimento vegetativo com boa extrapolação para a produtividade/qualidade das uvas.

Cortell *et al.*, (2007) estudaram zonas de diferentes vigores e concluíram que o vigor tem influência em diversos parâmetros, tais como o grau Brix, a acidez total e o teor de antocianinas. Concluíram também que a variação observada no vigor era devida principalmente à profundidade do solo bem como à sua capacidade de retenção de água.

Lamb (2001) através de um estudo realizado na Austrália demonstrou que videiras com maior vigor e/ou maior densidade foliar, obtiveram maior produtividade, mas menor qualidade, em conformidade com a menor concentração de compostos fenólicos e cor na polpa.

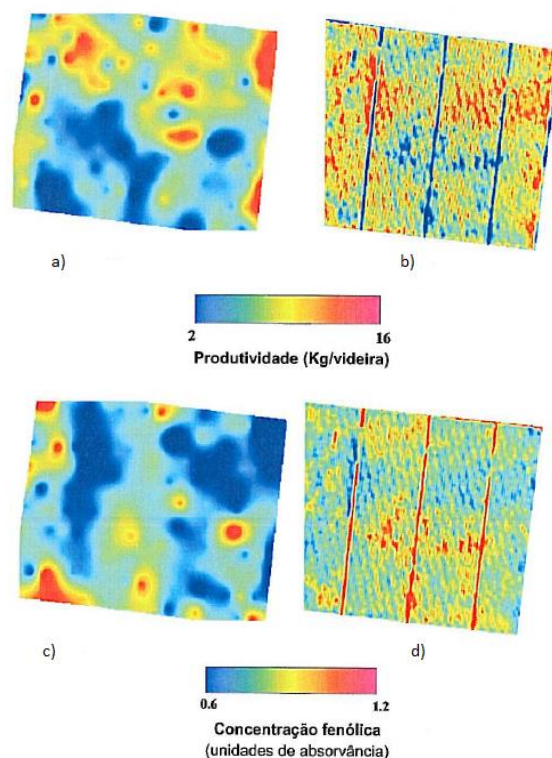


Figura 6- a) Carta de uvas gerado pelos resultados de cerca de 200 amostras de uvas; b) Carta de concentração fenólica obtido através de uma imagem de vigor retirada ao Pintor; c) Carta da concentração fenólica das uvas gerado pelos resultados de cerca de 200 amostras de uvas; d) Carta de concentração fenólica obtido através de uma imagem retirada ao Pintor (adaptada de Lamb, 2001).

As pequenas diferenças, como a composição físico-química do solo, podem constituir-se como factores importantes, da variabilidade que se verifica no vigor, independentemente da causa, a variabilidade no vigor pode originar variações a nível da maturação, qualidade da uva/vinho e da produtividade (Bramley & Hamilton 2004, Bramley 2005).

2.5 Caracterização da variabilidade espacial das videiras

Durante séculos os produtores de vinho perceberam que uvas colhidas de diferentes zonas da vinha podiam produzir vinhos de características diferentes. Mesmo quando os factores biológicos (casta, clone e porta-enxerto) são idênticos, a qualidade da uva, a sua maturação e os vinhos resultantes são

influenciados pelas diferenças subtis nas características físicas da vinha, que incluem o tipo de solo, o microclima, o declive, a exposição, a capacidade de retenção de água do solo e a drenagem, estas diferenças podem constituir variabilidade que se verifica, por exemplo no vigor, na produtividade e na qualidade das uvas. (Smart, 1985; Smart & Robinson, 1991; Reynolds *et al.*, 2007).

As causas que originam a variação na produtividade, parecem estar, na sua maioria relacionadas com as características físicas do solo, em oposição às suas características químicas (Bramley & Lamb, 2003).

Na vinha ocorrem dois tipos de variabilidade: espacial e temporal. A variabilidade espacial é devida a causas topográficas, geológicas, mesoclimáticas, sanitárias e a técnicas culturais utilizadas. Nestas causas, o viticultor têm menos capacidade de intervenção, no entanto quando se refere as técnicas culturais poderá haver um controlo mais directo, no que diz respeito à origem do material vegetal, selecção do clone e do porta-enxerto, dimensionamento da rega entre outros, podendo estas intervenções influenciar a variabilidade espacial da vinha ao longo da sua existência (Proffitt *et al.*, 2006).

A variabilidade temporal está associada as condições meteorológicas, ataques de pragas e/ou fungos que podem interferir no desenvolvimento anual da videira, podendo originar desavinho, bagoinha, diminuição da produtividade, entre outros (Proffitt *et al.*, 2006).

Estando também associada a diferenças, na composição físico-química do solo, topografia e estado nutricional podem estas variações constituir a base para a variabilidade que se verifica no vigor (Reynolds *et al.*, 2007; Arnó *et al.*, 2005).

Bramley & Lamb (2003), demonstraram que os parâmetros que determinam a qualidade da uva diferem mais entre zonas da vinha e entre videiras, do que entre vindimas, sendo normalmente estas diferenças menos acentuadas do que as diferenças verificadas ao nível da produtividade.

Tisseyre *et al.* (2008), estudaram durante 7 anos (1999-2006) consecutivos, a estabilidade espacial de parâmetros quantitativos e qualitativos da vinha. Estas experimentações evidenciaram-se sobre as principais variáveis de caracterização susceptíveis a uma previsão. Os dados obtidos permitiram-nos estudar a estabilidade temporal da variabilidade espacial por meio de análise de parâmetros quantitativos (superfície foliar exposta, dimensão do coberto vegetal, produtividade), e de qualidade da uva (grau Brix, pH, acidez total, teor de antocianinas). Graças a esta experimentação, evidenciou-se uma variabilidade inter-anual da média parcelar para todos os parâmetros considerados, devido às diferenças climáticas entre vindimas. Verificando-se que os valores observados são sistematicamente

mais elevados, médios ou fracos nos mesmos locais da parcela, independentemente da média parcelar e, portanto da vindima.

Num outro estudo realizado por Bramley & Hamilton (2004), também se concluiu que a variabilidade espacial que se verifica entre as videiras é temporariamente estável. Também Bramley & Lamb (2003), observaram que os padrões de produtividade foram bastante consistentes ao longo de três anos, sob irrigação, os resultados apresentaram-se estáveis, podendo ser esperado que o efeito da disponibilidade hídrica é controlado.

Lamb (2000), conduziu um ensaio com casta Cabernet Sauvignon durante dois anos em Coonawarra e Sunraysia, cujo objectivo foi compreender as relações de input-output na vinha, a extensão e a natureza da variação na vinha. Para ensaio, foram seleccionadas videiras em cada local, tendo sido realizadas diferentes medições tanto da videira como na respectiva uva, bem como análises aos solos.

Os resultados sugerem que:

- A variação da produção difere entre as duas vinhas, assim como na própria vinha;
- Com base nos dados recolhidos durante dois anos em Coonawarra e Sunraysia, o padrão de variabilidade da vinha demonstra ser bastante estável ano após ano, mesmo que as produtividades reais nos dois anos tenham diferido bastante;
- As correlações entre os vários parâmetros medidos tanto na vinha como no vinho, eram geralmente pobres quando os dados foram tratados como um conjunto de medidas repetidas, mas há semelhanças na estruturação espacial de alguns dados;

A produção e a qualidade podem variar desde cacho a cacho, a videira a videira, esta variabilidade existente é resultado da interacção entre a planta, o solo e o clima, como explicado por Bramley & Hamilton (2005), Bramley (2005) e Santos *et al.*, (2008).

Em viticultura as causas que originam a variação na produtividade, parecem estar, na sua maioria relacionadas com as características físicas do solo, em oposição às suas características químicas (Bramley & Lamb, 2003).

Proffitt & Pearse (2004), estabeleceram que, para duas vinhas localizadas na região de Margaret River (Austrália), as imagens multiespectrais da superfície vegetativa estavam relacionadas com o grau Brix, pH, acidez total, mostrando os ganhos económicos por se adoptar a VP.

Vários estudos demonstraram que a utilização de Índices de Vegetação, tais como o NDVI, pode fornecer informação útil de modo a otimizar a gestão da vinha, levando a um aumento da rentabilidade.

2.5.1 Vigor

Para caracterizar a vinha é essencial ter bem presente a definição de “vigor da videira”, que está relacionado com diversos parâmetros fisiológicos e agronômicos, tais como a área foliar, a produção, as dimensões e a caracterização do coberto entre outras.

O vigor pode ser definido pela taxa de crescimento dos sarmentos, sendo uma noção que testemunha a actividade metabólica dos órgãos em crescimento, traduzindo-se sobretudo pela intensidade da respiração, da síntese proteica, do funcionamento dos meristemas e da velocidade de crescimento (Champagnol, 1984). Este autor quantifica o vigor como a razão entre a expressão vegetativa e o nº de gomos.

Por outro lado, Kliewer (1988), considera que o vigor de uma videira pode ser estimado por três grandezas: comprimento total dos sarmentos, área foliar e peso total de lenha de poda. A lenha de poda, expressa em kg por metro de sebe, tem sido utilizada como um indicador de equilíbrio, encontrando-se o intervalo óptimo para valores entre 0.3 a 0.6 kg/m (Smart *et al.*, 1987; Smart & Robinson, 1991).

Carbonneau *et al.* (1992) afirmam que o crescimento em comprimento dos sarmentos e a área foliar são a expressão essencial do vigor, pois reflectem a velocidade e a duração do crescimento em relação com a capacidade de síntese de substâncias metabólicas.

A noção de equilíbrio na videira pode ser caracterizada de diferentes formas, Winkler (1954, 1958), define uma videira equilibrada, sem excesso de produção, como aquela que consegue levar o fruto da floração até um determinado grau Brix, escolhido em função do destino da produção. A produção de uvas de qualidade exige videiras equilibradas, isto é, videiras de vigor moderado com uma expressão vegetativa adequada à quantidade de uvas.

2.5.2 Relações de frutificação/vegetação

Este equilíbrio pode ser estimado através das designadas relações frutificação/vegetação:

- Índice de Ravaz (produção/peso da lenha de poda);
- Relações AF (Área Foliar) / Produção (m^2/kg);
- Superfície Foliar Exposta/Produção (m^2/kg);

2.5.2.1 Índice de Ravaz

O índice de Ravaz, pode ser utilizado para quantificar o potencial de produção, sendo obtido através da razão entre a produção e a lenha de poda afirmam que o índice de Ravaz é mais sensível do que a produtividade na interpretação do efeito das práticas culturais no vigor, peso bago e qualidade do vinho (Bravdo *et al.*, 1985).

2.5.2.2 Área Foliar

A medição da área foliar, fornecer uma indicação da superfície fotossintética, permitindo a obtenção de um indicador fundamental para a compreensão das respostas da planta aos factores ambientais. No caso da videira, a quantificação da área foliar, fornece um índice muito útil, pois permite a avaliação dos efeitos de gestão do coberto vegetal, as potencialidades do sistema de condução (Smart & Robinson, 1991; Murisier, 1996), estimativa do vigor caracterização da densidade da sebe e do microclima luminoso (Champagnol, 1984).

Relativamente à medição da área foliar, é importante a distinção entre a área foliar principal (folhas principais), e a área foliar secundária (folhas netas), isto porque o conhecimento da área foliar das netas é um importante parâmetro a ter em conta em viticultura, constituindo uma relevante ferramenta no que diz respeito ao diagnóstico do equilíbrio e do microclima da videira (Smart & Robinson, 1991). Verificando-se que a área foliar principal, ao longo do ciclo vegetativo, diminui progressivamente a sua importância relativa na área foliar total, observando-se o inverso na área foliar secundária, que aumenta progressivamente a sua importância na actividade fotossintética da planta, o que revela a importância da área foliar das folhas das netas durante a fase de maturação dos frutos (Afonso, 1996). Vários autores verificaram que perda de área foliar principal poderá ser, mais tarde, compensada por um aumento da área foliar secundária (Poni *et al.*, (2006), Reynolds & Wardle (1989)).

A partir da estimativa da área foliar, podem-se calcular outros indicadores muito importantes em Viticultura, como por exemplo o índice de área foliar (IAF) e as relações IAF/produção (Smart & Robinson, 1991).

Kliewer & Weaver (1971), encontraram elevada correlação entre a razão AF/Produção e diversos parâmetros qualitativos, tais como: conteúdo em açúcar; intensidade corante e peso do bago. Os diferentes valores atingiram valores máximos quando a razão AF/Produção se situou entre 1.1 e 1.4m²/kg. Smart & Robinson (1991) referem como valor ideal 12 cm²/g. Williams *et al.* (1987) e Kliewer *et al.* (1988) consideram que a área foliar para a produção de um grama de fruto deverá estar entre 5 a 14 cm².

A razão área foliar/kg de uva, é exprimida pela relação *source/sink*. Denomina-se por *source*, a folhagem da videira, que é a responsável pela síntese de hidratos de carbono e sua exportação para os cachos (*sinks*), tornando-se determinante para a qualidade das uvas haver uma situação de equilíbrio entre folhas e cachos (Carbonneau, 1982).

Do ponto de vista fisiológico, o comportamento da biomassa fotossintetizante (*source*) e a maximização da qualidade das uvas é conseguida através do equilíbrio entre o desenvolvimento reprodutivo e o crescimento vegetativo, alcançado pela optimização da condução da videira (Champagnol, 1984).

Andrade & Lopes (2008), verificaram que sebes demasiado densas provocam o sombreamento excessivo na zona de frutificação, o que origina mostos desequilibrados e, conseqüentemente, vinhos de qualidade mais baixa.

Sereno (2006), verificou em videiras que apresentaram elevada relação *source/sink*, uma maior senescência das folhas, pois o facto das folhas ensombradas apresentarem menor taxa fotossintética, aumenta a probabilidade de cloroses bem como abscisão, devido a diminuição do teor de clorofila.

Em relação à *source*, a idade das folhas do coberto assume também uma grande importância, dado que as folhas das videiras são importadores de hidratos de carbonos, até atingirem 50 a 80% do seu tamanho final, este facto revela bastante importância quando se pretende manipular a área do coberto vegetal (Vasconcelos & Castagnoli, 2000).

Tendo a temperatura e a radiação uma grande influência na qualidade da uva, é importante controlar a quantidade de luz disponível na zona onde a folhagem é fotossinteticamente activa e na zona dos cachos (Carbonneau *et al.*, 1977). É importante encontrar um equilíbrio vegetativo, pois excessiva radiação solar incidente pode conduzir a escaldões, enquanto que um deficit de radiação pode ter influencia na acumulação de antocianas na pelicula, a exposição dos cachos pode promover o espessamento da pelicula bem como um aumento da concentração de taninos (Kliewer, 1974).

Em geral a sensibilidade da videira a condições limitantes aumenta quando a relação *source/sink* diminui (Poni *et al.*, 2006).

2.5.2.3 Superfície Foliar Exposta

No que diz respeito à Superfície Foliar Exposta (SFE), que é aquela que intercepta directamente a radiação solar e portanto fotossintetiza mais eficientemente em condições normais, Smart & Robinson (1991) referem como valor ideal cerca de 21.000 m²/ha. Argillier (cit. em Castro *et al.*, 2005) aponta

valores de SFE da ordem dos 11.600 m²/ha como os mais indicados para a produção de uvas de qualidade em monoplanos verticais ascendentes.

Um dos indicadores considerados mais importantes para avaliar o equilíbrio da videira é a razão superfície foliar exposta/quantidade de uva (SFE/kg de uva), sendo atribuída muita importância à folhagem exposta à radiação solar (Murisier, 1996).

Para Smart & Robinson (1991), esta relação deverá estar compreendida entre 0,7 e 1,0 m²/kg para climas frescos, podendo ser de apenas 0,3m²/kg em climas quentes. Murisier & Zufferey (1997) encontraram bons resultados para as castas Chasselas e Gamay com 1,0m² de SFE por kg de uva, observando uma estabilização do teor de açúcar para valores entre 1,1 e 1,2 m²/kg.

Apesar da SFE ser aceite como determinante na produção de uvas de qualidade por muitos autores, alguns referem a importância da assimilação de fotoassimilados no interior do coberto. Williams (1996), constatou que 22% da assimilação diária do CO₂ era devida a folhas interiores.

Moreira (2004), concluiu que o aumento da relação SFT/produção, não é proporcional à acumulação de hidratos de carbono nas uvas, já que se o coberto for demasiado denso, grande parte das folhas não irão fotossintetizar convenientemente.

Em relação a razão superfície foliar total/superfície foliar exposta (SFT/SFE), verificou-se que situações de elevado vigor que promovam o aumento da área foliar e, consequentemente, a razão SFT/SFE, serão prejudiciais, pois uma má exposição dos cachos à radiação solar, pode afectar a maturação dos bagos (Ruiz, 2001). Smart & Robinson (1991) apontam 1,5 como o valor máximo da razão superfície foliar total/SFE.

Moreira (2004), verificou que o aumento da superfície foliar total, não é proporcional à acumulação de hidratos de carbono, pois as folhas que se encontram no interior do coberto vegetal não apresentam a mesma taxa fotossintética das folhas exteriores. As folhas mais ensombradas recebem menos radiação solar, logo apresentam valores de fotossíntese inferiores, como consequência têm uma vida mais curta e abscisão precoces induzidas pela sombra (Shaulis, 1982). Para tal operações como a poda, a desfolha ou a monda de cachos são importante para o equilíbrio da videira (Reynolds, 1989).

2.5.2.4 Maturação e Qualidade das Uvas

A quantidade e qualidade dos compostos fenólicos presentes nas uvas estão directamente relacionadas com a casta, o *terroir*, o estado sanitário e de maturação das uvas (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

A maximização da qualidade das uvas é conseguida através do equilíbrio entre o desenvolvimento reprodutivo e o crescimento vegetativo, alcançado pela optimização da condução da videira (Champagnol, 1984).

Bramley (2005) demonstra a variabilidade espacial existente nas vinhas tanto quanto em termos de qualidade como em termos de produtividade. Indicando as cartas de vinhedos de qualidade em vários anos, onde a variação espacial pode ser vista para além da produtividade também por diferentes parâmetros de qualidade como grau Baumé, o pH, os fenóis.

Há três factores que têm papel essencial no processo de maturação das uvas: luz, calor e disponibilidade de água. Estes factores afectam o crescimento da videira bem como a sua actividade metabólica. Além disso atuam directamente sobre os metabolismos que ocorrem nas uvas e isso reflecte-se em alterações na sua composição química (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

Os flavonóides nas uvas e a sua consequente presença no mosto são bastante determinantes na qualidade do vinho. Embora presentes tanto em vinhos brancos como em tintos, estes existem em concentrações muito mais altas em vinhos tintos, especialmente nas películas, onde constituem um grupo que influencia o estilo de vinho, o aroma e o sabor. Os flavonóides são divididos em três grupos: antocianinas; flavonóis e taninos.

A principal origem da cor vermelha dos vinhos é o seu teor em antocianinas, a acumulação de antocianinas na película inicia-se cerca de duas semanas antes da cor ser visível, aumenta durante a maturação até atingir um máximo e geralmente decresce ainda durante a maturação. Este perfil de evolução da concentração em antocianinas na película parece estar associado à acumulação de açúcares no bago, tendo em atenção os efeitos da temperatura na acumulação de antocianinas (Spayd *et al.*, 2002).

O terceiro e maior sub-grupo de flavonóides (os taninos) incluem compostos polifenólicos como polímeros de catequinas e proantocianidinas, que contribuem significativamente para o sabor e a estabilidade da cor com antocianinas em vinhos tintos. Os taninos encontram-se principalmente na grainha, engaço e película das uvas (Souquet *et al.*, 2000).

Os taninos atingem a máxima concentração nas grainhas antes do pintor, seguindo-se uma redução acentuada dessa concentração até um valor relativamente estável que corresponde à maturação das grainhas.

A acidez total, ou seja, a acidez titulável a pH 7, é um parâmetro de qualidade muito importante na medida em que é um indicador da frescura do vinho, da estabilidade microbiológica e do equilíbrio químico do mosto (influencia a tonalidade e a estabilidade da cor). Segundo Ribéreau-Gayon *et al.* (1982) o ácido tartárico presente no vinho tem origem na uva e em eventuais correcções de acidez (1,5-4 g/dm³). O seu teor no vinho diminui, com o decorrer do tempo, devido à precipitação dos sais resultantes da sua salificação com potássio e cálcio (Sereno, 2006).

Sendo que o grau Brix é influenciado pelo teor de água disponível e pela capacidade fotossintetizante da parede vegetativa, a perda de água nos bagos expostos devido às intensas taxas de transpiração, pode originar uma maior concentração de sólidos solúveis (aumento grau Brix) (Cripén & Morrison, 1986).

É referido, por vários autores, que a redução da densidade do coberto produz mudanças nos vinhos, ao nível da análise sensorial (Reynolds *et al.*, 1995), aumentando os aromas varietais (Hunter *et al.*, 1995).

2.5.2.5 Produtividade

As causas que originam a variação na produtividade, parecem estar, na sua maioria relacionadas com as características físicas do solo, em oposição às suas características químicas (Bramley & Lamb, 2003).

É objectivo de qualquer viticultor que a sua vinha produza uvas convenientemente amadurecidas durante o maior número de anos possível, o que só é conseguido em videiras equilibradas (Howell, 2001).

A variabilidade espacial, que pode ser atribuída a factores ambientais (solo, topografia, clima), implica uma diferente resposta da cultura, que por sua vez se reflecte numa variação espacial na produção (Sort & Ubalde, 2005).

As interacções entre os factores internos das plantas e o meio determinam a sua capacidade de produção de matéria seca, no caso das videiras, definem esta capacidade como o potencial vegetativo (Winkler *et al.*, 1974)

Experiências de cartografia da produtividade realizadas nas regiões Australianas de Coonawarra, Padthaway, Sunraysia and Clara, demonstraram que dentro da mesma parcela, a variação na produção é tipicamente na ordem de 8 a 10 vezes (Bramley, 2001). Estes resultados, sugerem que para que a VP seja implementada com sucesso, é necessário um melhor conhecimento do sistema de produção, em particular das relações entre *inputs* na produção de uva, bem como nos *outputs* (uva e vinho), em termos de produtividade e qualidade.

2.6. Vindima Segmentada

Define-se por vindima segmentada, a selecção da colheita de acordo com as diferenças quer em termos de produção quer em termos de qualidade, com base em algum tipo de informação espacial, tal como imagens obtidas por detecção remota e cartas de produtividade (Bramley & Hamilton, 2005). Assim em vez de focar a gestão diferenciada apenas nos *inputs*, dá-se ênfase à gestão orientada também dos *outputs*, realizando-se uma colheita diferenciada.

Com base na variabilidade dos parâmetros de qualidade da uva, há a oportunidade de efectuar-se uma gestão de qualidade, que permitiria uma delimitação das zonas com contraste significativo em determinados parâmetros, permitindo a vindima segmentada, de modo a realizarem-se fermentações separadas, visando a uma melhoria do vinho.

A viticultura de precisão alia-se à segmentação espacial da vindima de modo a que conhecendo previamente as cartas de qualidade da uva, seja possível definir-se lotes de qualidade logo na vinha, permitindo uma vindima segmentada, retirando assim maior partido da qualidade diferenciada dentro da mesma parcela.

Esta segmentação pode ser efectuada no tempo, ou combinada no espaço e no tempo. No tempo diz respeito a duas vindimas, uma primeira manual, em que se colhem as uvas *premium*, acompanhada de uma segunda vindima, a mecânica, onde se colhe as restantes uvas.

A combinação de segmentação espaço-tempo resulta, por exemplo, da diferenciação espacial de lotes na mesma parcela/casta, procedendo-se à vindima de um dos lotes numa determinada data em que a qualidade desejada foi primeiramente obtida e, posteriormente (e.g. 3 semanas mais tarde), a vindima do(s) outro(s) lote(s). As combinações são múltiplas sendo essencial que o viticultor defina os seus objectivos.

Na indústria do vinho chileno existe um grande interesse a fim de melhorar a qualidade da uva para produção de vinho, especialmente considerando a competitividade existente no mercado do vinho. Nesta relação, é muito bem conhecido o facto de que para gerir a vinha para a produção de uvas de alta qualidade, que tem de ser gerido o vigor das plantas e as relações de equilíbrio, entre a quantidade de folhas e os frutos produzidos em massa (Kaps & Cahoon, 1989).

Estudos realizados por Bramley et al (2003), numa vinha de 3,3ha em Margaret River, com a casta Cabernet Sauvignon, demonstraram comercialmente, que a utilização da vindima segmentada, aumentou o valor da produção. A parcela foi dividida de acordo com a carta do *Plant Cell Density* (PCD), dividindo a zona de menor vigor da de maior vigor. Através da vindima segmentada, concluíram que a zona de menor vigor apresentava produções na ordem das 8 ton/ha, enquanto que a zona de maior vigor a produção era cerca de 16 ton/ha. Após a fermentação verificaram-se diferenças qualitativas nos dois lotes que justificaram a segmentação em dois produtos com diferentes valorizações, aumentando assim a rentabilidade do sistema (Figura 7).

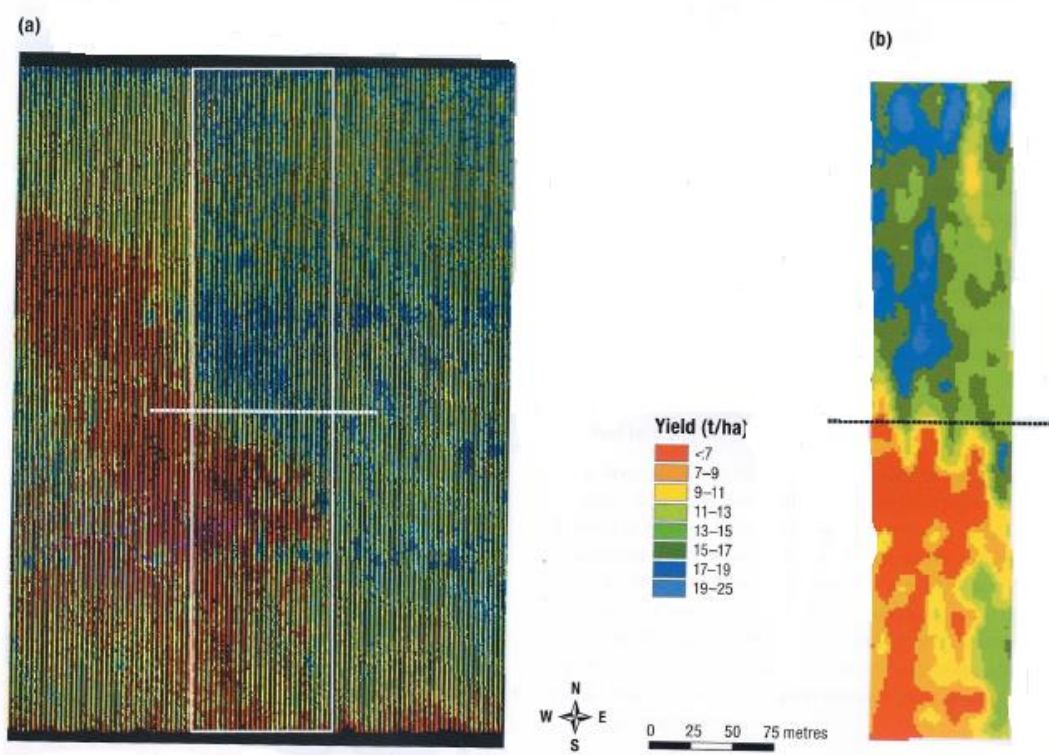


Figura 7 – Imagem de densidade das células da planta ao Pintor 2002 (a) e carta de produção do mesmo ano (b), numa parcela de Cabernet Sauvignon (Austrália). Em (a), a cor a vermelho indica as zonas de menor vigor. A linha horizontal em ambas as figuras, separa a zona de maior e meor vigor, realizando-se vindima segmentada (Fonte – Bramley et al., 2003)

Em 2004 e 2005, repetiu-se a vindima segmentada nesta mesma parcela, sendo delineada de acordo com os mesmo parâmetros do que 2002, tendo sido demonstrado que os resultados foram similares aos obtidos no ano de 2002 (Bramley *et al.*,2003).

Em vários estudos conduzidos em outras vinhas tem sido demonstrado que os padrões de variação espacial da produção e vigor tendem a ser estáveis no tempo (Bramley & Hamilton 2004; 2005). Bramley (2005b) sugere que os padrões de variação na qualidade dos frutos seguem padrões de variação na produtividade.

3. Material e métodos

3.1 Caracterização do ensaio

3.1.1 Localização e características da vinha

O ensaio decorreu em 2012, tendo sido instalado num talhão com 6.3ha, pertencentes à empresa Encostas de Estremoz. Esta parcela situa-se em Estremoz (Latitude: 38,849701º Longitude: - 7,614180, elevação: 349m).



Figura 8 Fotografia aérea da vinha do ensaio (área delimitada pela linha amarela)
(adaptado do Google Earth, 2013)

O ensaio foi instalado numa parcela de vinha da casta Touriga Nacional, plantada no ano 2000, sobre o porta-enxerto 1103P, com orientação Norte- Sul. A vinha tem um compasso de 2.8m x 1.2m (2976 plantas/ha), a poda é curta em cordão Royat bilateral. A vegetação é conduzida em monopiano vertical ascendente, por meio de dois arames fixos, e um par de arames móveis para a orientação da vegetação na vertical ascendente.

O tronco tem uma altura média de 60cm. O sistema de armação é composto por um arame de formação a 60cm do solo, dois arames de orientação da vegetação a 100cm do solo e um arame de suporte do topo da sebe a 170cm do solo. As linhas estão orientadas no sentido Nordeste-Sudoeste.

Como práticas de intervenções em verde, foram efectuadas supressões dos lançamentos manualmente e no estado fenológico de cachos visíveis, seguido da orientação da vegetação no sentido vertical ascendente, e uma despona mecânica no estado fenológico de bago de ervilha.

Os tratamentos fitossanitários foram executados de acordo com preconizado em toda a exploração. Assim os tratamentos fitossanitários efectuados foram iguais em toda a área do ensaio.

A manutenção do solo foi efectuada com recurso a enrelvamento natural temporário, durante o período do Outono à Primavera. Na Primavera foi realizada uma mobilização superficial com objectivo de controlar o enrelvamento.

O sistema de rega utilizado, é o sistema gota-a-gota, constituído por gotejadores, em tubos de 16mm de diâmetro e distanciados a 50cm, a condução da rega é automática, sendo a dotação bem como a frequência de rega definida pelo responsável.

3.1.2. Características Edafo-Climáticas

A parcela em estudo situa-se na zona de Estremoz, região Alentejana. De acordo com a classificação de Köppen, classifica-se o clima da região de Estremoz com Csa – clima temperado húmido com Verão quente e seco. A temperatura do mês mais frio situa-se abaixo dos 18°C, e nos três meses mais frios superiores a -3°C. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C. A ocorrência de chuvas está concentrada nos meses de Inverno e da Primavera, sendo o Verão uma estação seca.

Através da análise do climograma (Figura 9), pode-se comparar as condições meteorológicas do período compreendido entre 2011-2012 com o clima da região Normal de 1971-2000, no que concerne à precipitação acumulada e à temperatura média do ar, pode distinguir-se que o valor médio das temperaturas médias mensais do período 2011-2012, regista valores inferiores em cerca de 0.5 a 3°C da média das temperaturas médias mensais dos últimos 30 anos, sendo que essas diferenças foram mais acentuadas no mês de Fevereiro.

Em termos de precipitação verificam-se mais variações, sendo que se observou um pico de precipitação no mês de Dezembro (173 mm), e nos meses de Janeiro a Março os níveis de precipitação foram muito baixos (17 mm), o que terá dificultado a reposição das reservas hídricas do solo na fase de abrolhamento.

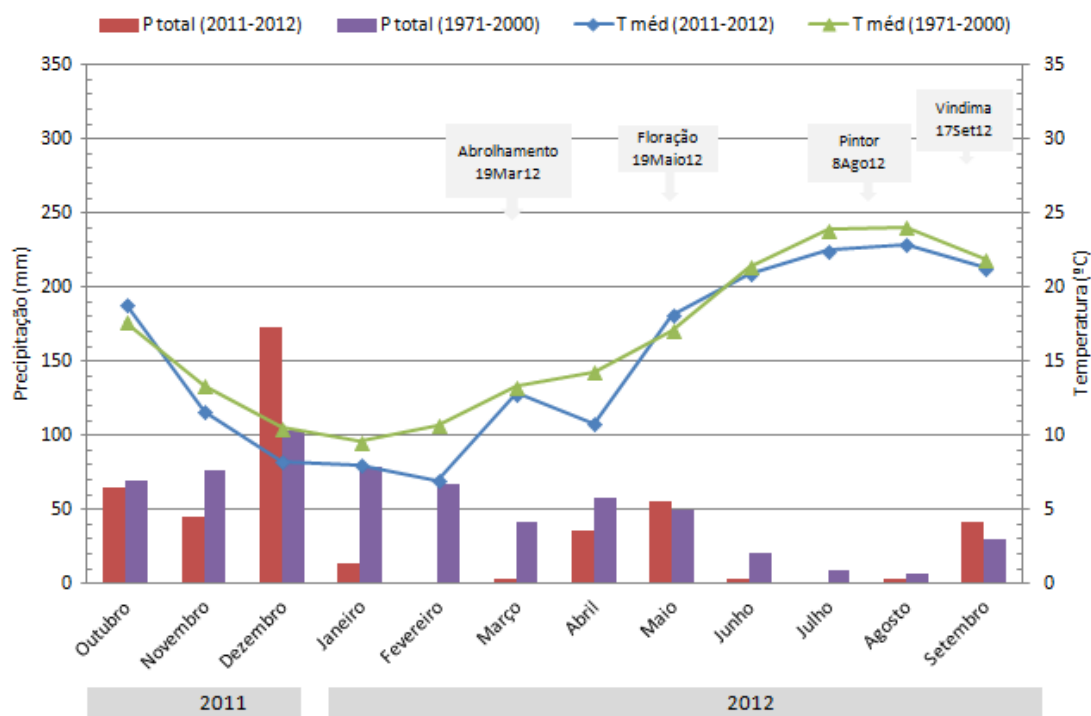


Figura 9 – Climograma de 2011-2012 (Dados IPMA)

O Índice Ombrotérmico de Gaussen é utilizado para definir os meses secos e húmidos na classificação bio-climática adoptada pela FAO (Food and Agriculture Organization). A construção do diagrama ombrométrico de Gaussen, permite o conhecimento da duração do período seco de uma determinada zona, o qual corresponde à mancha em que a linha da temperatura é duas vezes superior à linha da precipitação.

Como se pode observar nas Figura 10 e 11, é diferente o perfil de evolução da precipitação ao longo do ano. Verifica-se no ano de 2012, um período de seca de Março a Abril, e outro de Junho a Setembro. Analisando os dados de precipitação e temperatura (médias 30 anos), somente os meses de Julho e Agosto são considerados secos.

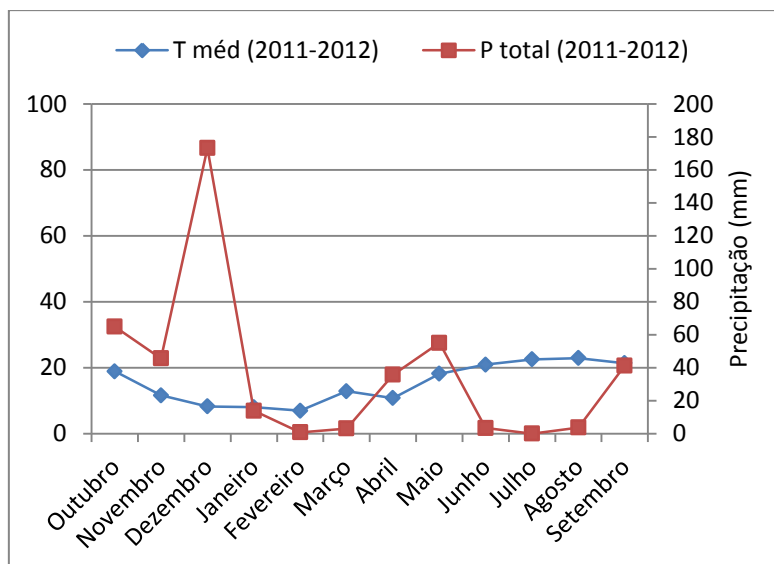


Figura 10 - Diagrama Ombrotérmico de Gaussen para (1971-2000), Estremoz
(Dados IPMA)

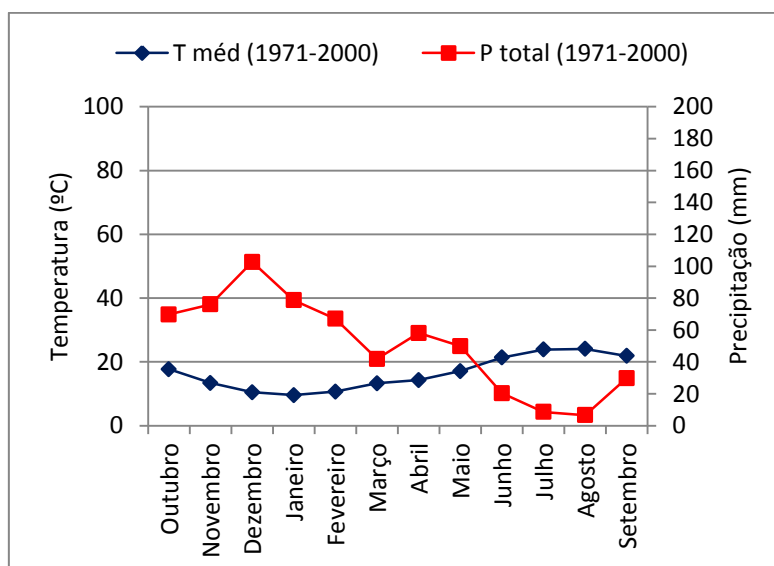


Figura 11 - Diagrama Ombrotérmico de Gaussen para 2011-2012, Estremoz
(Dados IPMA).

3.2. Material Vegetal

3.2.1. Casta

A Touriga Nacional é uma casta autóctone, com origem a norte de Portugal, encontra-se actualmente expandida por todo o país, sendo no Dão e Douro onde se exprime todo o seu potencial enológico. Nestas zonas é também designada por Tourigo, Preto Mortágua ou Touriga Fina (Magalhães, 2008).

A Touriga-Nacional exige elevada insolação e calor, apresentando porte prostrado, o que dificulta a sua condução em verde, vigor alto, sendo de evitar solos muito férteis ou húmidos onde a tendência para o desavinho se acentua e a maturação é retardada não permitindo uma completa maturação fenólica. É uma casta tradicionalmente muito sensível ao desavinho e bagoinha, mas devido aos materiais policlonais entretanto seleccionados, tem actualmente um comportamento aceitável. A sua produtividade é relativamente moderada, devido ao baixo peso do cacho, apesar da sua fertilidade ser das mais elevadas entre as castas portuguesas (Magalhães, 2008).

“Casta-piloto”, a Touriga-Nacional é uma casta versátil sob o ponto de vista enológico, com capacidade para produzir quer vinhos de Porto quer vinhos de mesa de grande qualidade, com particularidades ímpar, que a tornam uma das castas portuguesas mais conhecidas nacional e internacionalmente. Tem uma capacidade de envelhecimento muito elevada, com particular aptidão para envelhecimento em madeira (Böhm J., 2010).

Devido á complexidade aromática, estrutura e qualidade dos compostos fenólicos, é uma casta de excelência para produzir vinhos monovarietais. Apresentando as seguintes notas ampelográficas - Folha adulta pequena, pentagonal, por vezes com sub-lóbulos superiores, plana, ligeiramente rugosa, com dentes curtos mais largos que compridos, convexos. Seio peciolar em V pouco aberto e seios laterais abertos em U. Cachos pequeno (100 a 150g), cilindro-cónico, frouxo, por vezes compacto, em função do grau de sensibilidade e condições de ocorrência do desavinho. Pedúnculo de comprimento médio. Bago pequeno arredondado, negro-azulado, de película medianamente espessa, polpa não corada, suculenta, de sabor específico” (Magalhães, 2008).

3.2.2. Porta-Enxerto

O porta-enxerto 1103 Paulsen (1103P), resultou do cruzamento entre Berlandieri resseguier nº2 e Rupestris du lot. Dada a natureza dos seus progenitores, apresenta um sistema radicular profundante, constituído por raízes muito compridas, fortes e carnudas (Reyner,1986), o que lhe confere forte vigor e resistência à seca.

3.3. Delineamento experimental

O ensaio foi estabelecido numa parcela de vinha com a casta Touriga Nacional, na primeira fase do ensaio (antes do voo), foram determinados os pontos de amostragem de acordo com a carta de condutividade já existente. Após o voo ao pintor cada ponto, foi associado a uma mancha de NDVI.

A determinação dos pontos de amostragem foi realizada de acordo com a carta de condutividade eléctrica (figura 12) , sendo que diferentes classes representam a variabilidade espacial do solo.. Utilizou-se esta metodologia, pois só após o Pintor se obteve os cartas de NDVI, de modo a identificar as diferentes machas de NDVI.

Ao pintor foi realizado um voo, que permitiu a obtenção de imagens aéreas, o processamento destas imagens, permitiu a obtenção do NDVI. Deste modo após a obtenção da carta de NDVI, cada ponto marcado inicialmente com base na carta de condutividade eléctrica, foi associado a uma mancha de NDVI.

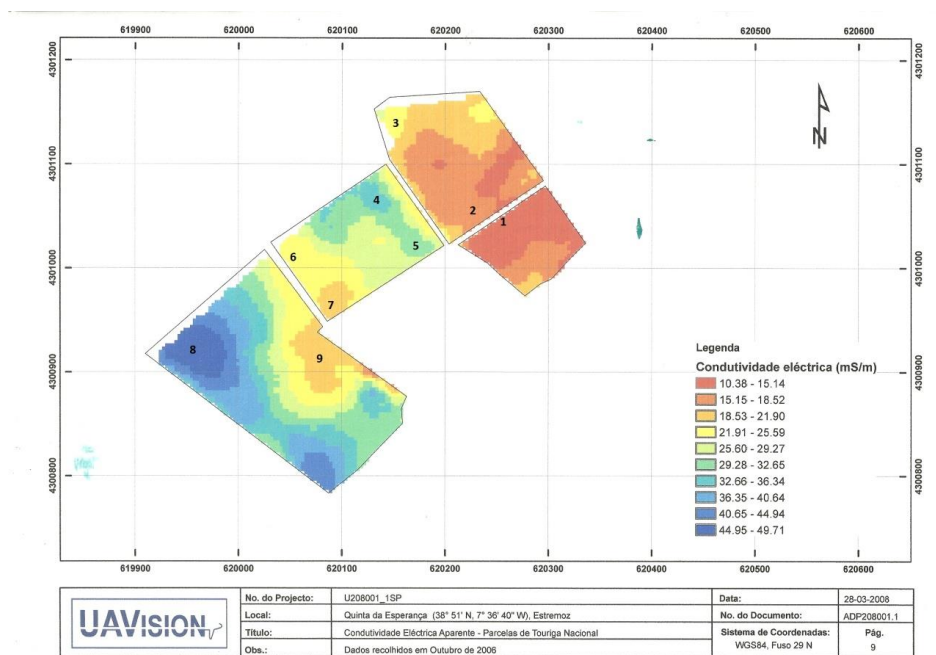


Figura 12- Carta de condutividade eléctrica – parcela da casta “Touriga Nacional”. Quinta da Esperança, Estremoz 2008.

Em cada um dos nove pontos, seleccionou-se uma amostragem de seis videiras, identificando-se o ponto bem como as respectivas videiras. Sendo as diferentes determinações realizadas em cada uma das seis videiras de cada ponto, de modo a obter-se uma amostragem significativa.



Figura 13 - Exemplo de marcação de ponto de amostragem

3.4 Metodologias

3.4.1 Estados Fenológicos

A evolução dos estados fenológicos foi observada durante todo o ciclo, baseando-se na observação geral de todas as videiras referentes ao ensaio, utilizando-se a escala de Baggiolini, sendo definida por 16 estados codificados de A a P.

A observação e registo dos estados fenológicos são de importância fundamental, pois permitem a identificação das diferentes fases de crescimento e desenvolvimento da videira, sendo fundamental este conhecimento para trabalhos de investigação e gestão de práticas culturais (Lopes, 2011).

A atribuição de determinado estado foi efectuada de acordo com a escala de Baggiolini, após cuidada observação das videiras amostradas, e conclusão de que pelo menos 50% das videiras haviam atingido essa fase de desenvolvimento.

3.4.2. Caracterização da videira

A carga definida à poda foi de 12 olhos por videira, definidas por seis unidades de frutificação podadas a 2 olhos cada.

3.4.2. Medições estrutura perene da videira

No dia 20/1/2012 foram realizadas medições da estrutura perene da videira, tais como a altura da cepa, comprimento dos braços e diâmetro do colo, recorrendo-se a uma fita métrica. Estes dados são indicativos da uniformidade dos diferentes pontos.

3.4.4 Carga à poda, Abrolhamento e Fertilidade

No dia 20/2/2012 foi registada a carga deixada à poda, ou seja o número de olhos e o número de unidades de frutificação de cada uma das 6 videiras de cada ponto de amostragem.

No dia 15/5/2012 foi registado o número de olhos abrolhados bem como o respectivo número de inflorescências nas 60 videiras úteis, tendo também sido contabilizado o número de ladrões.

A percentagem de abrolhamento e a fertilidade foram calculadas respectivamente através das seguintes equações:

$$\text{Percentagem de abrolhamento} = \left(\frac{n^{\circ} \text{ olhos abrolhados}}{\text{carga à poda}} \right) * 100$$

A percentagem de abrolhamento é um indicador que permite estimar os números de olhos deixados à poda que efectivamente abrolharam.

O número de inflorescências por videira foram contabilizados em Maio, e permitem calcular:

$$\text{Índice de Fertilidade} = \frac{n^{\circ} \text{ inflorescências}}{n^{\circ} \text{ olhos abrolhados}}$$

$$\text{Índice de Fertilidade prático} = \frac{n^{\circ} \text{ inflorescências}}{\text{carga à poda}}$$

O índice de fertilidade consiste na razão entre o número de cachos provenientes dos sarmentos normais e o número de olhos abrolhados

3.4.5. Peso de lenha de poda

No dia 12/1/2013 foi realizada a poda de Inverno, nas 54 videiras do ensaio, tendo sido contabilizados o número de sarmentos e o seu peso foi registado com recurso a uma balança tipo dinamómetro.

O registo do número de sarmentos foi realizado imediatamente antes da poda, tendo-se ignorado os sarmentos com menos de 20cm. Posteriormente à poda, procedeu-se à pesagem da lenha de poda de cada videira.

Os dados recolhidos servem para calcular o peso médio do sarmento, número de sarmentos por videira e por metro linear, como também o Índice de Ravaz, através da equação:

$$\text{Índice de Ravaz} = \frac{\text{Produção (kg)}}{\text{Peso lenha da poda (kg)}}$$

3.4.6. Biomassa das infestantes

No dia 8/5/2012, foi realizada a pesagem de um m² infestantes em cada ponto, quantificação do lado esquerdo e direito da sebe. As infestantes foram secas na estufa, de modo a obter-se o valor da sua biomassa.

3.4.7. Área Foliar

A quantificação da área foliar e a sua distribuição é de grande importância (Smart & Robinson, 1991). Por outro lado, Champagnol (1984), afirma que a área foliar e o crescimento das varas são a expressão essencial do vigor, uma vez que representam a velocidade de crescimento e a sua duração, em relação com a capacidade de síntese de substâncias metabólicas.

A estimativa da área foliar, foi efectuada seguindo a metodologia de Lopes (2011). Para este efeito escolheu-se um sarmento médio, frutífero e representativo em termos de vigor, em cada uma das videiras uteis de cada ponto, onde se efectuaram os seguintes registos:

- NL1 – número de folhas principais (nervura principal > 3cm);
- L1 – comprimento da nervura lateral, esquerda e direita da menor folha principal do sarmento (L1e e L1d);
- NL2 - número de folhas secundárias (netas);
- L2 – comprimento da nervura lateral, esquerda e direita, da maior folha secundária do sarmento (L2E e L2D);

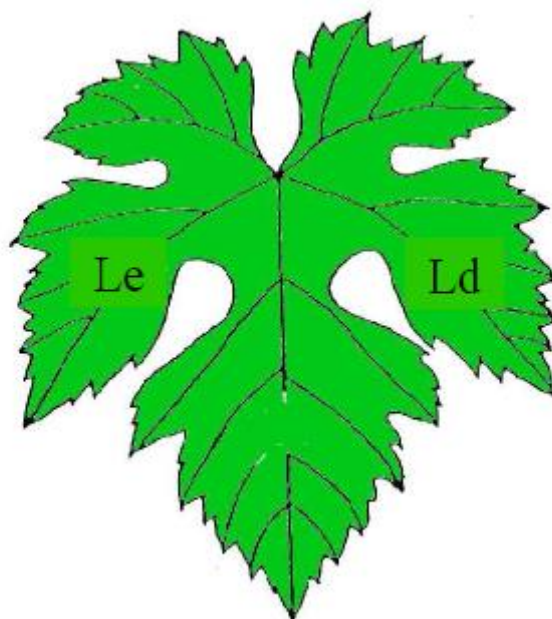


Figura 14 - Representação esquemática da face superior do limbo de uma folha de videira: Nervuras esquerda (Le) e direita (Ld) medidas para o cálculo da área foliar.

O modelo utilizado estima a área foliar total a partir da Área Foliar Principal e da Área Foliar Secundária.

Para cálculo da área foliar de uma folha (AF_{folha}), utilizou-se uma equação que relaciona a área da folha, com a soma do comprimento das larguras secundárias.

A área foliar unitária (AF_{folha}), foi estimada com base num modelo matemático, proposto por Lopes e Pinto (2005), que se baseia na relação entre a área foliar e o somatório do comprimento das nervuras laterais superiores esquerda e direita (L2E e L2D).

$$AF = 0.526 \times L2^{1.9301}$$

Em que AF é a área foliar da folha (cm²), e L2 é o somatório da nervura esquerda (cm) e da nervura direita (cm).

A determinação a AF média das folhas principais (AF_{med}), foi efectuada de acordo com a seguinte equação:

$$AF_{med} = \frac{(AF_{max} + AF_{min})}{2}$$

Em que AF_{max} é a AF da folha maior (cm²) e AF_{min} é a AF da folha menor (cm²).

Para o cálculo da área foliar secundária, os parâmetros medidos foram o número de folhas netas, com nervura principal com mais de 3cm, (NF2), o comprimento das nervuras laterais da folha neta maior (L2E e L2D) e da folha menor (L2e e L2d).

A estimativa da área foliar foi também calculada com base num modelo criado pelos mesmos autores, que se fundamenta na medição do mesmo sarmento em diferentes fases do ciclo, onde são registadas três variáveis explicativas: número de folhas principais (nervura principal > 3 cm), área foliar da folha maior e área foliar da folha menor.

A área foliar principal por sarmento foi estimada através da seguinte equação:

$$AF_{princ} (cm^2) = Exp [0,0835 + 0,992 \times Ln(AF_{med} \times NF)]$$

A área foliar secundária por sarmento foi calculada também por uma metodologia de Lopes e Pinto (2005). Em diferentes fases do ciclo vegetativo foram registadas três variáveis explicativas: número das folhas netas (nervura principal > 3 cm), área foliar da neta maior e área foliar da neta menor. A área foliar secundária por sarmento foi calculada segundo a seguinte equação:

$$AF_{sec} (cm^2) = Exp [0.346 + 1.029 \times Ln(Af_{med} + NF_{netas}) - 0.125 \times Ln(Af_{max})]$$

A área foliar total por sarmento foi determinada através da soma das áreas foliares secundária e principal. A área foliar por videira foi calculada através da multiplicação do número médio de sarmentos por videira pela área foliar por sarmento.

$$AFTotal_{vid} = AF_{princ} + AF_{sec}$$

A área foliar por hectare foi calculada multiplicando a área foliar média pelo número de videiras existentes por hectare. Os registos foram realizados em três estados fenológicos: Floração (10/05/2012); Pintor (22/07/2012) e Maturação (6/09/2012), tendo sido realizadas medições em cada ponto para as 6 videiras marcadas, resultando num total de 54 medições.

3.4.10 Dimensão do coberto vegetal

Segundo Carbonneau (1981, 1995), a medição das dimensões da sebe tem como principal objectivo determinar a superfície foliar exposta (SFE). A SFE é calculada a partir da medição de parâmetros caracterizadores da dimensão do coberto. A importância da SFE deve-se ao facto deste ser considerado um factor simples de obter e com a melhor relação com a qualidade de produção. De

facto, considerando que as folhas plenamente expostas são as que têm um maior potencial fotossintético, a SFE, por representar a quantidade de folhas expostas directamente à radiação solar, ilustra a capacidade fotossintética da planta.

Smart & Robinson (1991) referem que a produtividade que uma vinha pode alcançar está directamente dependente da SFE.

A determinação da dimensão do coberto vegetal, foi realizada através de medições com uma barra de madeira graduada, dos seguintes parâmetros: altura total da sebe, a distância da base ao solo, a espessura da sebe ao nível dos cachos e a espessura no topo da sebe (figura15).

Estes parâmetros foram avaliados três vezes ao longo do ciclo vegetativo, nos estados fenológicos correspondentes ao fecho do cacho (13-06-2012); no pintor (19-07-2012) e na maturação (10-09-2012), tendo sido realizadas medições nas 6 videiras úteis de cada ponto, perfazendo um total de 60 medições.

O principal objectivo da determinação destes parâmetros, é servirem de base ao cálculo da superfície foliar exposta (SFE). O cálculo da SFE foi obtido através da seguinte equação (Smart & Robinson, 1991):

$$SFE(m^2/ha) = (2 \times \text{altura da sebe} + \text{largura média da sebe}) \times n^{\circ} \text{ metros de sebe}$$

em que,

$$\text{Altura da sebe} = Ht - Hs$$

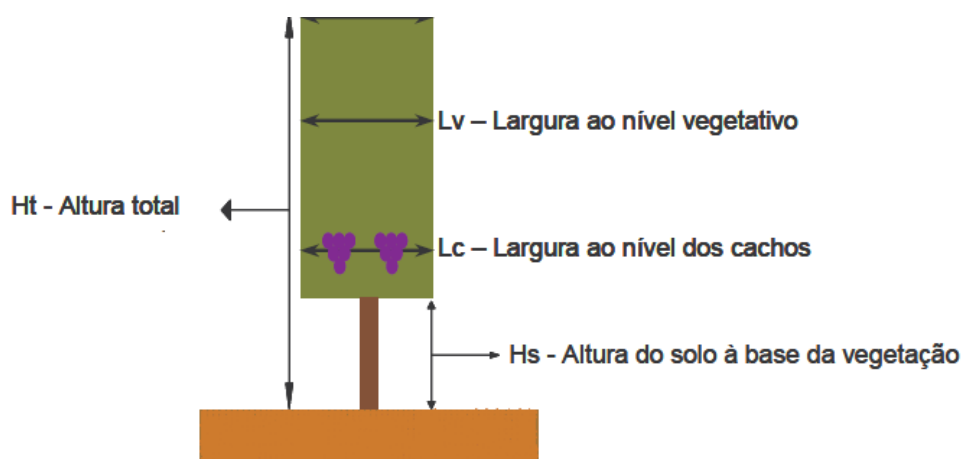


Figura 15– Esquema da medição das dimensões da sebe

3.4.11. Componentes da produtividade

Em primeiro lugar registou-se o peso total do cacho, seguido da separação dos bagos para sua contagem. As componentes da produtividade foram obtidas recorrendo-se às seguintes contagens e pesagens: registou-se o peso do cacho, seguido da separação dos bagos para sua contagem e obtenção do peso médio do bago. Em três fases do ciclo fenológico, respectivamente no fecho do cacho (13 de Junho), Pintor (19 de Julho) e Maturação (12 de Setembro). Estas contagens não foram realizadas nas videiras uteis do ensaio, pois como é uma análise destrutiva, iria influenciar a análise do seguinte estado fenológico. Procedeu-se à contagem nas videiras circundantes.

Relativamente à produtividade por videira à vindima, esta foi realizada manualmente nas videiras seleccionadas, procedendo-se à sua pesagem.

3.4.12. Número de folhas amarelas por cepa

A contagem do número de folhas amarelas por cepa, iniciou-se dia 22 de Julho, sendo realizada semanalmente até à vindima.

3.4.13. Monitorização da maturação da uva

A monitorização da maturação da uva, foi acompanhada desde o período da fase do pintor até à vindima. Foi caracterizada pela colheita semanal de 200 bagos em cada ponto de amostragem, sendo a colheita realizada dos dois lados da sebe, fracções de cachos da zona basal, média e apical, em cachos de várias ordens e dispostos em zonas diferentes da sebe (zonas interiores e exteriores), de modo a minimizar os desvios de maturação obtendo-se uma amostra mais representativa da parcela, metodologia proposta por Carbonneau & Champagnol (1993).

Os parâmetros analisados nas amostras dos controlos de maturação foram: peso de 200 bagos, volumes de 200 bagos, acidez total, Ph, densidade do mosto (mostímetro) e temperatura, tendo as análises sido realizadas no laboratório da Adega Encostas de Estremoz.

A determinação da massa volúmica a 20°C foi realizada de acordo com o método oficial do OIV (OIV 2010), utilizando-se um mostímetro, um termómetro e uma proveta de 250ml. A partir das tabelas de

correspondência e com correcção de temperatura, foi calculado a % de álcool provável (V/V) no mosto.

A determinação da acidez total, foi realizada através do método usual da OIV (OIV,2009), sendo realizada uma titulação com NaOH 0.1N, utilizando-se como indicador o Azul de Bromotimol (4g/L), sendo titulados num balão de Erlenmeyer, 10ml de mosto com 1ml do indicador. A determinação da acidez total (em g ác. Tartárico/dm³) resulta da multiplicação do volume gasto de NaOH 0.1N por 0.75.

O pH do mosto foi determinado, através da utilização de um potenciómetro devidamente calibrado a pH = 7,0 e pH = 4,0. Este é o método usual do OIV, que consiste na determinação da concentração de iões de hidrogénio, seguindo a seguinte formula:

$$pH = \text{colog} [H^+] = - \log [H^+]$$

A intensidade e tonalidade da cor foram determinadas no laboratório de enologia da Universidade de Évora, pelo método proposto pelo O.I.V. (1987), através da medição espectrofotométrica da absorvância a 420, 520 e 620 nm, sendo os resultados expressos em unidades de absorvância (ua).

$$\text{Intensidade} = A_{420} + A_{520} + A_{620}$$

$$\text{Tonalidade} = A_{420} / A_{520}$$

3.4.14. Potencial Hídrico Foliar

As medições do potencial hídrico foliar foram efectuadas com uma câmara de pressão, uma folha por videira, num total de duas medições por ponto. A folha utilizada para a determinação do potencial hídrico foliar, deveria situar-se na zona média do sarmento, apresentando-se em boas condições fitossanitárias, bem expostas e situadas no terço médio dos lançamentos.

A avaliação do estado hídrico das plantas foi efectuado submetendo folhas acabadas de colher (método destrutivo) a uma pressão crescente de um gás neutro (Azoto). Utilizou-se uma câmara de pressão, adaptadas as características da videira, descrito por Scholander *et al.*, (1965).

Durante muitos anos, fisiologistas vegetais viram-se limitados na investigação do estado hídrico das plantas devido à carência de um método simples, rápido, preciso e portátil. Para satisfazer esta

necessidade, Sholander *et al.*, (1965) desenvolveram uma técnica que mede o potencial hídrico em unidades de pressão. O método consiste em aplicar pressão sobre uma folha recém-cortada até que aparece água na extremidade seccionada do pecíolo. A pressão positiva aplicada à folha corresponde à pressão que equilibra a pressão negativa ou tensão com a qual a água se encontrava retida no interior antes do corte.

As folhas recolhidas teriam de se adultas, sãs e bem expostas, sendo destacadas do terço médio dos sarmentos e colocadas num saco de plástico com um pedaço de algodão humedecido no interior, de forma a evitar a perda de água da folha até à câmara.

As medições do potencial hídrico de base (medido antes do nascer do sol) foram efectuadas desde o estado fenológico de cachos separados até à maturação, realizando-se as medições antes da rega, foram realizadas no total 10 medições, sempre antes da rega.

3.4.15 Obtenção das cartas de NDVI

As imagens de NDVI foram obtidas no dia 31 de Julho de 2012, duas semanas antes do estado fenológico do Pintor. A época delineada para a obtenção da imagem prende-se com o que se pretende observar: uma vez que o NDVI é um índice de vegetação que está relacionado com o conforto hídrico das plantas e consequentemente com o vigor das videiras, de acordo com a revisão bibliográfica a época que mais se adequa para a captação das variações no NDVI, é na altura próxima do pintor.

Para tal foi contratada uma empresa especializada que efectuou um voo a cerca de 500 metros de altitude.

3.4.16 Segmentação da vindima

A segmentação da vindima, foi determinada pela observação das cartas de NDVI e pela identificação visual de zonas mais ou menos homogéneas segundo este parâmetro, com objectivo de verificar a relação entre o NDVI, e as características físico-químicas do vinho resultante das duas parcelas definidas. Distinguiu-se assim uma zona de NDVI_alto (Ponto 5, NDVI de 0.556) e outra de NDVI_baixo (Ponto 9, NDVI de 0.395), tal como representa a figura 16.



Figura 16– Segmentação da vindima de acordo com NDVI.

3.4.17 Produtividade Vindima

A vindima realizou-se no dia 17 de Setembro 2012, quando a casta Touriga Nacional atingiu a maturação tecnológica.

Os dois pontos escolhidos para vindimar, respectivamente um ponto com NDVI alto e outro com NDVI baixo, foram vindimados de forma manual e separadamente, e em cada uma das videiras dos respectivos ensaios, foram contabilizados e pesados os cachos numa balança tipo dinamómetro.

3.4.18 Vinificação

A produção total de cada classe de NDVI foi transportada para a adega, onde posteriormente foram desengaçadas e esmagadas, tendo-se nesta altura adicionado solução sulfurosa a 6%. A respectiva uva de cada classe foi vinificada em cubas de Inox com capacidade para 800Kg e sistema de refrigeração, tendo sido ambas as cubas inoculadas com a mesma leveduras secas activas, à concentração de 20g/hl. A fermentação alcoólica ocorreu sempre com controlo de temperatura e durou em média 8 dias.

A fermentação foi controlada através de medições bi-diárias da temperatura e densidade, de modo a que o processo e cinética de fermentação fossem controlados.

Todas as adições de produtos enológicos bem como remontagens foram efectuadas de forma homogênea nas duas cubas de fermentação, não tendo sido realizada qualquer correcção do pH.

Após o final da fermentação alcoólica, procedeu-se à prensagem das massas através de uma prensa vertical, tanto o vinho de prensa com o lágrima, foram armazenados em cubas sempre-cheios com capacidade de 1.000L. Após o final da fermentação alcoólica, decorreu a fermentação maloláctica em ambos os depósitos. A fermentação maloláctica foi acompanhada realizando-se semanalmente cromatografia em papel, sendo que quando através deste método verificou-se a inexistência de ácido málico, procedeu-se a uma análise quantitativa de ácido málico, análise essa realizada no laboratório da Comissão Vitivinícola da Região Alentejana (CVRA).

3.4.19 Análise Laboratorial do vinho

Após finalização da fermentação maloláctica, realizou-se uma análise completa aos dois vinhos. As análises foram realizadas no laboratório das Encostas de Estremoz e no Laboratório de Enologia da Universidade de Évora.

Foram determinados os seguintes parâmetros: teor alcoólico (%) (V/V); acidez volátil expressa em ácido acético (g/dm^3); pH; acidez total expressa em ácido tartárico (g/dm^3); sulfuroso livre (SO_2 livre); sulfuroso total (SO_2 total); intensidade da cor e tonalidade.

- Teor alcoólico volumétrico (% v/v) medido através do método ebulliométrico. Este método baseia-se na medida da diferença de temperaturas de ebulição da água e do vinho, nas mesmas condições;
- Acidez volátil expressa em gramas de ácido acético/L. O princípio deste método baseia-se na separação dos ácidos voláteis do vinho, isento de CO_2 , que é realizada por arrastamento numa corrente de vapor de água, com correcção e acidificação prévia do vinho, seguida de condensação e titulação com fenolftaleína;
- SO_2 livre (mg/l), para determinar o anidrido sulfuroso livre efectuou-se uma titulação iodométrica directa, com dedução das outras substâncias oxidáveis pelo iodo;
- SO_2 total (mg/l), obteve-se através da soma do anidrido sulfuroso livre e combinado, em que este último é determinado através de uma titulação iodométrica após dupla hidrólise alcalina do vinho, cujo anidrido sulfuroso livre foi oxidado no decurso da respetiva determinação;
- Índice de polifenóis totais, determinado com base no método proposto por Ribéreau-Gayon (1968), em que se efectuou uma leitura no espectrofotómetro à absorvância de 280 nm, com base na equação: $\text{IFT} = A_{280} \times 100$
- A intensidade e tonalidade da cor foram determinadas no laboratório de enologia da Universidade de Évora, pelo método proposto pelo O.I.V. (1987), através da medição espectrofotométrica da absorvância a 420, 520 e 620 nm. Sendo os resultados expressos em unidades de absorvância (ua).

3.4.20 Análise Sensorial

A análise sensorial foi realizada por um painel treinado. As amostras foram apresentadas ao painel em copos de prova (ISO 3591:1977), marcados com três dígitos e numa ordem aleatória.

Foram seleccionados nove atributos: cor (intensidade e tonalidade), aroma (intensidade, persistência e equilíbrio), gosto (adstringência, estrutura, persistência e equilíbrio).

Os atributos foram quantificados através de uma escala de intensidade de cinco pontos (ISSO 4121:2003). Todas as avaliações foram realizadas entre as 10:00 e as 12:00, no mesmo dia.

A prova sensorial dos vinhos resultantes das modalidades **NDVI_alto** e **NDVI_baixo**, foi realizada em conjunto com vinhos da Encostas de Estremoz, de modo a situar-se os ensaios na gama de vinhos das Encostas de Estremoz. Sendo escolhidos 3 vinhos da casta Touriga Nacional, considerando um vinho de entrada de gama, outro gama média e ainda um topo de gama, sendo respectivamente identificados como **Encostas_EG**, **Encostas_GM** e **Encostas_TG**.

3.4.21 Análise Estatística dos Dados

Para a análise das relações efectuadas entre o NDVI e as diversas variáveis estudadas recorreu-se a uma análise de regressão. No caso da análise sensorial, para comparação das médias gerais por classe de NDVI, utilizou-se uma análise de variância através do tratamento anova de factor único.

4. Resultados e Discussão

4.1 Cartas de NDVI

Na Figura 17, apresentam-se as cartas obtidas durante o voo realizado no dia 30 de Julho de 2012, na casta Touriga Nacional. Nesta carta estão também assinalados os 9 pontos que foram objecto das diferentes avaliações durante o ano vitícola.

Observa-se as manchas azuis, que representam as zonas de NDVI mais elevado, conclui-se que a mancha de NDVI elevado, encontra-se na sub-parcela correspondente aos pontos de observação 5, 7, 4 e 2. As zonas de NDVI baixo apresentam coloração amarela, observando-se que a parcela mais a Sul é a que apresenta menor NDVI. Sendo que o ponto que apresenta o NDVI mais baixo é o ponto 9, com um NDVI de 0.395, e o ponto com NDVI mais alto é o ponto , com 0.556.

Estes valores não são coerentes com a carta de condutividade eléctrica, onde a zona de maior condutividade é a parcela mais a Sul, deste modo observa-se que a condução da rega alterou a previsão da segmentação das sub-parcelas, mascarando os resultados.

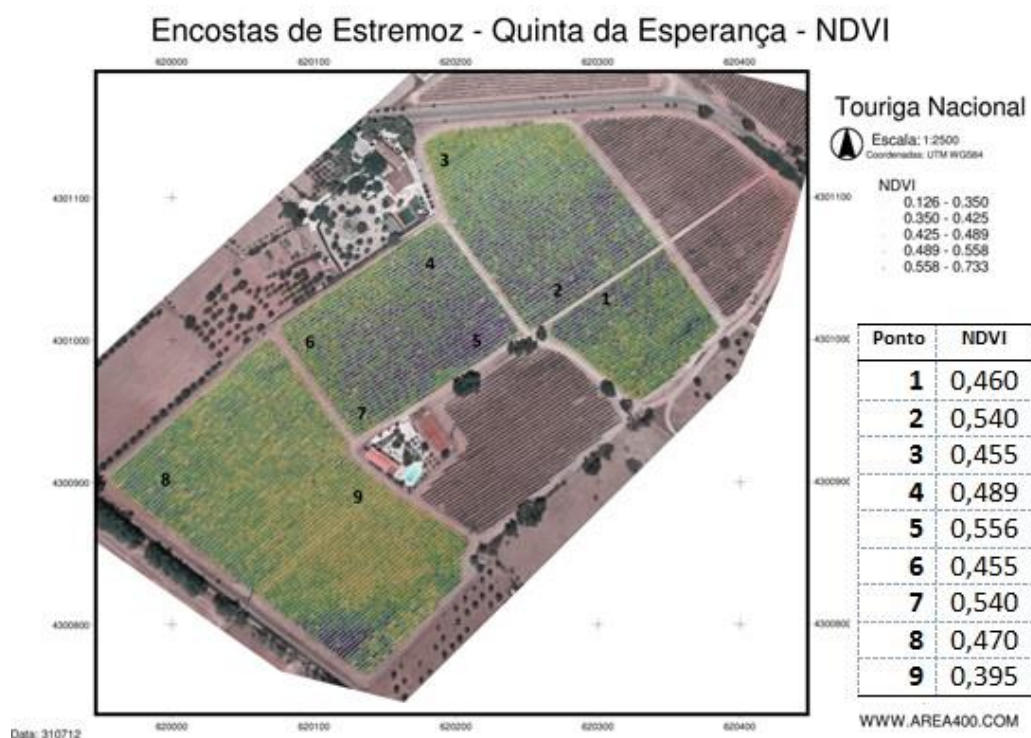


Figura 17 - Carta de NDVI, Encostas de Estremoz – Quinta da Esperança, 2012. Os pontos representam as diferentes zonas de amostragem.

4.2 Análise Descritiva

Os dados recolhidos na amostra das 54 videiras em 9 pontos, foram sujeitos a uma análise descritiva. Considerando valores de coeficiente de variação superior a 10%, existe variabilidade espacial da parcela em estudo, contudo esta variabilidade não é muito elevada.

Ao analisarmos os dados do Quadro 1, é possível tirar conclusões em relação à variabilidade das videiras em estudo.

Quadro 1. Estatística descritiva para as variáveis relacionadas com a caracterização da videira, vigor dos sarmentos e fertilidade

Variável/Factor	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância	Coeficiente Variação
Nº Sarmentos	16,0	28,5	20,8	4,2	17,8	20%
Peso Lenha Poda (kg) / planta	0,7	1,8	1,2	0,5	0,3	41%
Peso médio sarmento (g)	29,3	94,8	60,6	22,6	510,6	37%
Nº Sarmentos p/ metro	13,3	23,8	17,3	3,5	12,4	20%
Índice Ravaz	1,7	5,6	3,3	1,4	2,0	42%
Biomassa vegetação media (g/m2)	96,4	229,0	166,2	43,5	1893,6	26%
Nº talões	5,0	7,0	5,7	0,7	0,5	12%
Carga à poda	9,0	14,0	10,9	1,5	2,3	14%
Altura cepa (cm)	60,5	68,0	64,8	2,7	7,0	4%
Comprimento do Braço A (cm)	43,3	65,5	52,7	6,0	36,4	11%
Comprimento do Braço B (cm)	39,0	51,0	46,5	4,5	20,7	10%
Comprimento total braços (cm)	91,0	112,0	99,2	7,1	50,1	7%
Diâmetro do colo (cm)	20,0	29,5	25,7	3,3	11,1	13%
Nº olhos abrolhados	8,5	11,5	9,9	0,9	0,8	9%
Nº Sarmentos normais	8,5	11,5	10,0	0,9	0,8	9%
Nº Ladrões	6,0	17,5	11,5	3,8	14,8	34%
Nº total sarmentos	14,5	27,0	21,3	4,1	17,0	19%
Índice de Abrolhamento	0,8	1,0	0,9	0,1	0,0	9%
Índice Abrolhamento total	1,5	2,8	2,0	0,3	0,1	17%
Nº Inflorescências p/ sarmentos normais p/planta	10,0	20,0	15,5	2,8	7,8	18%
Nº inflorescências ladroes P/planta	4,0	11,0	6,8	2,3	5,2	34%
Nº total inflorescências planta	18,5	27,5	22,6	3,4	11,7	15%
Nº sarmentos férteis /planta	10,0	15,5	12,5	1,8	3,3	15%
Nº medio inflorescências p/sarmento fértil	1,5	2,2	1,8	0,2	0,0	11%
Índice de Fertilidade	1,0	1,8	1,4	0,3	0,1	19%
Índice Fertilidade à poda	1,6	2,8	2,1	0,4	0,1	18%

No que diz respeito aos parâmetros gerais que caracterizam a videira, como **altura da videira** e ao **comprimento total dos braços**, não se observa variabilidade, enquanto no diâmetro do colo o coeficiente de variação é baixo (13%), o que nos permite concluir que a amostra escolhida nestes parâmetros é homogênea.

Tal como se apresenta no Quadro 1, os valores mínimo e máximos relativos ao **número de sarmentos por metro linear** são respectivamente 13,3 e 23,8. De acordo com o ANEXO, os pontos 2, 9 e 5 apresentam o nº de sarmentos por metro linear superior aos mencionados por Smart & Robinson (1991), os mesmos sugerem 15 sarmentos por metro como valores ideais.

Peso Lenha de Poda

Em relação ao **peso por sarmento**, o ponto 9 é o único que apresenta um valor na ordem de grandeza dos 20-40g idealizado por Smart & Robinson (1991), sendo que os restantes valores encontram-se bastante acima, peso médio por sarmento 60,6 g, como se observa no Quadro 1, sendo valores indicativos de elevado vigor.

Relativamente ao **Índice de Ravaz**, segundo Smart&Robinson (1991), o valor deste índice deve-se manter entre 5-10, de modo a obter-se uma boa relação fruto/vegetação e videiras equilibradas. Observando o Quadro 1., conclui-se que este índice apresenta valores entre 1.7-5.6, demonstrando uma baixa relação fruto/vegetação Sendo que de acordo com o ANEXO apenas os pontos 9 e 5 apresentam valores próximos dos considerados pelos autores mencionados

No que diz respeito à variabilidade verifica-se que os parâmetros, número de sarmentos por metro linear, apresenta um coeficiente de variação (cv) de 20%, o peso de lenha de poda (kg)/planta, têm um cv= 41%, peso médio sarmento (g) cv= 37% e o Índice de Ravaz apresenta um coeficiente de variação de 42%.

Caracterização do coberto vegetal

Através da análise do Quadro 2, pretende-se observar a variabilidade existente nas variáveis relacionadas com a caracterização do coberto vegetal.

Quadro 2 Estatística descritiva para as variáveis relacionadas com a caracterização do coberto vegetal.

Variável /Factor	Estado Fenológico /Data	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente Variação
Altura Total sebe (cm)	Floração (19-5-2012)	73,2	102,4	89,9	9,8	96,0	11%
	Fecho do cacho (19-7-2012)	75,0	113,0	91,4	10,5	110,0	11%
	Maturação (13-9-2012)	81,0	110,0	89,0	9,4	87,8	11%
Altura base sebe (cm)	Floração (19-5-2012)	63,3	82,3	75,1	6,1	37,4	8%
	Fecho do cacho (19-7-2012)	54,0	75,7	65,3	6,5	42,8	10%
	Maturação (13-9-2012)	0,7	71,0	57,3	20,5	419,4	36%
Altura zona cachos (cm)	Floração (19-5-2012)	67,5	91,3	83,1	6,7	44,5	8%
	Fecho do cacho (19-7-2012)	75,0	89,0	80,1	5,1	26,1	6%
	Maturação (13-9-2012)	0,8	87,0	71,3	25,1	629,3	35%
Largura base (cm)	Floração (19-5-2012)	34,3	59,7	49,2	8,8	77,0	18%
	Fecho do cacho (19-7-2012)	39,0	53,7	43,6	5,3	28,1	12%
	Maturação (13-9-2012)	37,0	48,0	41,4	3,3	11,1	8%
Largura sebe zona dos cachos (cm)	Floração (19-5-2012)	43,0	56,0	49,7	5,0	25,2	10%
	Fecho do cacho (19-7-2012)	43,0	59,7	50,2	5,1	25,8	10%
	Maturação (13-9-2012)	42,7	60,0	48,3	5,1	26,5	11%
Largura media (cm)	Floração (19-5-2012)	38,7	57,8	49,5	6,3	39,3	13%
	Fecho do cacho (19-7-2012)	41,0	56,7	46,9	4,8	23,1	10%
	Maturação (13-9-2012)	41,5	50,0	44,9	3,5	12,1	8%
Superfície Foliar Exposta (m ²)	Floração (19-5-2012)	2,2	3,1	2,8	0,3	0,1	11%
	Fecho do cacho (19-7-2012)	2,3	3,3	2,8	0,3	0,1	10%
	Maturação (13-9-2012)	2,4	3,2	2,7	0,3	0,1	10%
SFE (m ² /ha)	Floração (19-5-2012)	7927,0	11205,8	9826,5	1049,0	1100425,3	11%
	Fecho do cacho (19-7-2012)	8299,1	11762,9	9841,0	959,9	921314,8	10%
	Maturação (13-9-2012)	8741,8	11512,8	9551,0	924,6	854841,2	10%
Índice de Área Foliar	Floração (19-5-2012)	1,1	1,9	1,4	0,2	0,1	17%
	Fecho do cacho (19-7-2012)	1,2	2,1	1,6	0,3	0,1	18%
	Maturação (13-9-2012)	1,1	2,2	1,6	0,3	0,1	21%

Produção por Videira (kg)		2,1	5,2	3,5	0,9	0,8	25%
Nº Folhas Amarelas /videira	22-07-2012	0,0	2,0	0,3	0,7	0,5	225%
	01-08-2012	3,3	8,5	4,9	1,6	2,6	33%
	12-08-2012	5,9	16,6	8,7	3,2	10,0	36%
	23-08-2012	7,3	20,3	11,0	4,0	15,9	36%
	31-08-2012	8,7	22,0	12,8	4,1	16,7	32%
	10-09-2012	11,3	23,9	15,6	3,7	13,4	23%

Nota: Na variância, a unidade é o quadrado da unidade original

A **Índice Área Foliar (IAF)** foi estimado em três datas: 19 de Maio (Floração), 19 de Julho (Pintor) e 6 de Setembro (Maturação).

Na figura 18, apresentam-se os valores médios do Índice Área Foliar para cada ponto. Verifica-se uma diminuição pouco representativa da área foliar do estado fenológico do Pintor para a Maturação, excepto no ponto 4. O que significa que a área foliar manteve-se constante ao longo do ciclo até à maturação, sendo a senescência reduzida. Esta situação deve-se ao facto da vinha ter permanecido em stress moderado.

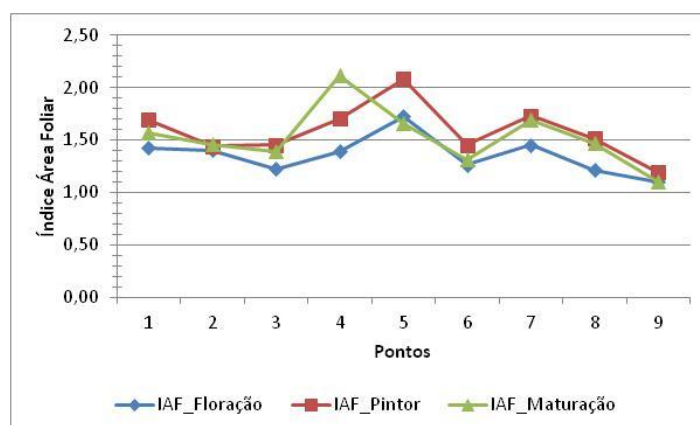


Figura 18- Dados relativos ao Índice de Área Foliar nos 9 pontos em estudo, em três estados fenológicos: Floração, Pintor e Maturação.

De acordo com o Quadro 2 em relação ao **Índice de Área Foliar (IAF)** também se verifica variabilidade com coeficientes de variação entre 13-21%, bem como nos parâmetros associados à Área Foliar Principal, esta variabilidade observa-se ao longo do ciclo sendo mais marcada durante a maturação.

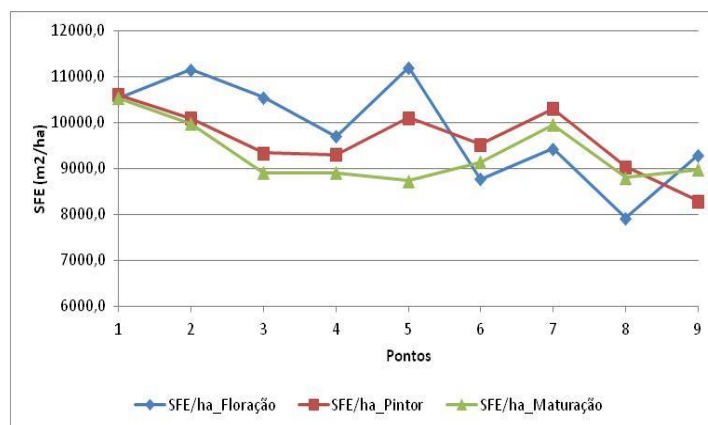


Figura 19- Dados relativos à Superfície Foliar Exposta, nos 9 pontos em estudo ,durante três estados fenológicos: Floração, Pintor e Maturação.

Através da observação da figura 19, verificamos que desde a floração ao pintor, não houve uma diminuição expressiva da SFE, o que permite que a maturação ocorra devidamente.

Em relação aos valores de SFE (m^2/ha), verifica-se que os valores no fecho do cacho encontram-se entre $8.299 \text{ m}^2/\text{ha}$, até $10.313 \text{ m}^2/\text{ha}$.

Smart & Robinson (1991) determinam a SFE como $21.000 \text{ m}^2/\text{ha}$ para um coberto ideal. Contudo em Portugal, a maioria dos trabalhos realizados referem que os valores obtidos em monoplano vertical ascendente são inferiores aos referidos por Smart & Robinson (1991).

Para outros autores os valores de SFE preconizados como ideais foram: para Argillier (cit in Castro *et al.*, 2006) os valores de SFE deverão encontrar-se na ordem dos $11.600 \text{ m}^2/\text{ha}$, como indicadores de vinha de qualidade inserida no clima mediterrâneo; Carlos & Cruz (2005) apontam para valores superiores a $10.000 \text{ m}^2/\text{ha}$. Sendo que Lopes (2011) sublinha que as características de um coberto ideal dependem, entre outros factores, da situação ecológica da vinha.

Verifica-se que os valores registados neste ensaio encontram-se, encontram-se abaixo dos $11.000 \text{ m}^2/\text{ha}$, valor este preconizado por Argillier para obtenção de um coberto vegetal equilibrado no clima mediterrâneo.

Através da análise do Quadro 2, observa-se que os valores de coeficiente de variação obtidos ($11\% > CV < 36\%$) realçam que existe variabilidade espacial nos parâmetros que determinam a expressão vegetativa, como a **altura da sebe**, **largura da sebe**, ao longo do ciclo enquanto que a **superfície foliar exposta (SFE)**, só apresenta variabilidade na floração, posteriormente durante o Pintor e a Maturação esta variabilidade dissipa-se.

Os coeficientes de variação relativos ao **número de folhas amarelas** são bastante elevados no dia 22-7-2012 (cv=225%), devido a apenas existirem folhas amarelas em dois pontos, contudo no avançar do ciclo, verificam-se coeficientes de variação na ordem dos 23%-36%.

Relações Vegetação/Frutificação

Através da análise do Quadro 3, pretende-se avaliar a variabilidade existente na parcela em estudo, no que diz respeito às relações folha/fruto.

Quadro 3 Estatística descritiva para as relações de vegetação/frutificação.

Variável/Factor	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância	Coeficiente Variação
SFE/kg de uva	0,5	1,2	0,8	0,2	0,1	30%
AF(m ²)/Producao(kg)	1,1	2,3	1,4	0,4	0,1	26%

Nota: Na variância, a unidade é o quadrado da unidade original

De acordo com Quadro 3, verifica-se que os valores obtidos para a relação **Área Foliar (m²) / Produção (kg)** os valores obtidos encontram-se entre 1,1-2,3 m²/kg. O desenvolvimento da área foliar das videiras não esteve sujeito a qualquer restrição hídrica.

Kliewer & Weaver (1971) encontraram elevada correlação entre a razão Área Foliar (m²) / Produção (kg) com diversos parâmetros qualitativos, tais como: conteúdo em açúcar; intensidade corante e peso do bago. Os diferentes valores atingiram valores máximos quando a razão Área Foliar (m²) / Produção (kg) se situou entre 1.1 e 1.4m² /kg. Smart & Robinson (1991) referem como valor ideal 12 cm²/g. Williams *et al.*, (1987) e Kliewer *et al.*, (1988) consideram que a área foliar para a produção de um grama de fruto deverá estar entre 5 a 14 cm², não esquecendo o facto destes valores considerados como ideias terem sido obtidos noutro país e para outra casta. Segundo Best (2005), valores de 0.7 m²/kg, da relação Área Foliar (m²) / Produção (kg), favorecem uma maior concentração de açúcares na uva. De acordo com estes autores os valores obtidos encontram-se dentro dos preconizados.

Os valores obtidos para a parcela em estudo, referentes à relação **SFE/kg** de uva, situam-se entre 0.5- 1,2 m²/kg (Quadro 3).

Para Smart & Robinson (1991), esta relação deverá estar compreendida entre 0,7 e 1,0 m²/kg para climas frescos. Murisier & Zufferey (1997) obtiveram bons resultados para as castas Chasselas e

Gamay com 1,0m² de SFE por kg de uva, observando uma estabilização do teor de açúcar para valores entre 1,1 e 1,2 m²/kg.

Relativamente variabilidade existente nas **relações folha/fruto**, pela análise do coeficiente de variação, observa-se que a relação Área Foliar (m²) / Produção (kg) apresenta um coeficiente de variação de 26%. Enquanto que a relação SFE (m²) / Produção (kg), atinge um valor de coeficiente de variação de 30%.

Produtividade

De acordo com o Quadro 4, observa-se variabilidade nas **componentes da produtividade** como, o peso do cacho, nº bagos por cacho e peso médio de 200 bagos, verificando-se coeficientes de variação superiores no estado fenológico fecho do cacho, diminuindo na maturação e voltando a variabilidade a aumentar ao Pintor.

A produtividade por planta, evidencia um coeficiente de variação dentro da parcela de 25%. Apresentando produções na ordem dos 2.1kg/videira até cerca de 5.2kg/videira, o que por hectare pode gerar variações na produção na ordem dos 6.300 kg/ha até 15.500kg/ha, o que é consistente com a variabilidade observada nas outras componentes.

Quadro 4 Estatística descritiva para os componentes da produtividade

Variável/Factor	Estado Fenológico /Data	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância	Coeficiente Variação
Peso do cacho (g)	Fecho do cacho (19-7-2012)	34,0	121,0	61,9	26,8	717,6	43%
	Pintor (8-8-2012)	94,5	151,0	127,0	15,9	253,4	13%
	Maturação (13-9-2012)	135,0	220,0	167,9	33,2	1104,0	20%
Nº bagos p/ cacho	Fecho do cacho (19-7-2012)	74,5	200,5	127,5	31,8	1011,9	25%
	Pintor (8-8-2012)	74,5	157,0	117,0	25,3	639,4	22%
	Maturação (13-9-2012)	83,0	185,5	112,6	33,8	1145,1	30%
Peso médio 200 bagos (g)	Fecho do cacho (19-7-2012)	57,0	150,0	95,8	34,1	1165,7	36%
	Pintor (8-8-2012)	183,0	310,0	232,0	35,5	1258,2	15%
	Maturação (13-9-2012)	217,0	420,0	323,6	59,1	3492,3	18%
Produção por Videira (kg)	16-09-2012	2,1	5,2	3,5	0,9	0,8	25%

Nota: Na variância, a unidade é o quadrado da unidade original

Potencial Hídrico de base

O potencial hídrico de base (Ψ_b) foi medido em cada um dos 9 pontos, de modo a caracterizar o nível de stresse hídrico de cada ponto. De acordo com o Quadro 5 presencia-se variabilidade no potencial hídrico de base, com coeficientes de variação situados entre $15\% > CV < 56\%$, esta variabilidade é causada pela modo como a rega foi conduzida.

Quadro 5. Estatística descritiva para o Potencial Hídrico de Base e para o Débito dos gotejadores

Variável/Factor	Data medição	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância	Coeficiente Variação
Potencial Hídrico de Base (bar)	06-06-2012	-1,2	-1,8	-1,4	0,2	0,0	15%
	17-06-2012	-1,4	-2,4	-1,7	0,4	0,1	22%
	25-06-2012	-1,6	-3,8	-2,5	0,7	0,5	28%
	07-07-2012	-1,5	-3,6	-2,4	0,7	0,6	31%
	19-07-2012	-1,2	-4,6	-3,0	1,1	1,1	35%
	29-07-2012	-0,6	-4,5	-2,7	1,2	1,5	46%
	04-08-2012	-0,5	-4,2	-2,2	1,2	1,5	56%
	13-08-2012	-2,1	-5,2	-3,4	1,0	0,9	28%
	25-08-2012	-2,1	-3,8	-3,1	0,6	0,4	20%
	06-09-2012	-2,4	-5,1	-3,7	1,0	0,9	26%
Débito gotejadores l/h		2,0	2,9	2,3	0,4	0,1	16%

Nota: Na variância, a unidade é o quadrado da unidade original

Na figura 20, observa-se a evolução do potencial hídrico de base ao longo do período pós-floração até à maturação. Do período de bago de chumbo ao pintor, verifica-se que o potencial hídrico de base (Ψ_b) manteve-se entre -0.2 e -0.4 MPa, revelando um *deficit* hídrico de ligeiro a moderado, excepto para os pontos 5 e 9, que atingiram -0.5MPa antes de se realizar a penúltima rega. Considerando-se pouco expectáveis, os valores demasiado elevados obtidos no dia 29 de Julho, e 8 de Agosto, para os pontos 3 e 8.

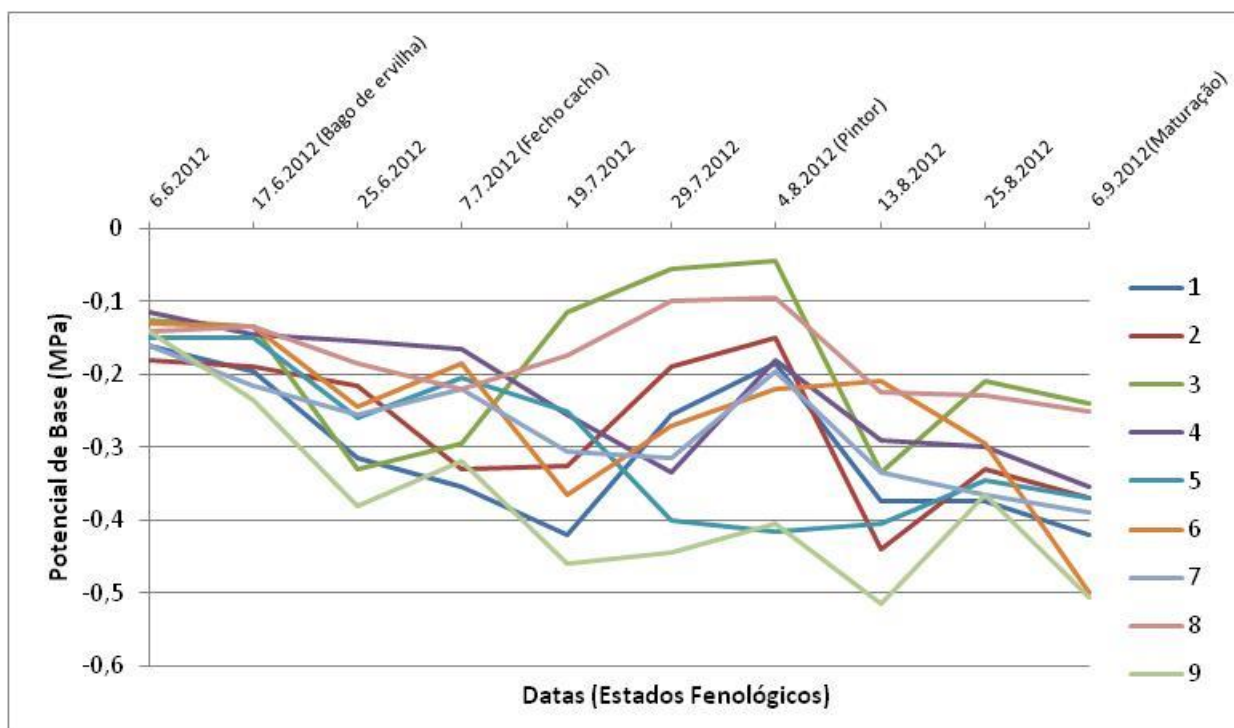


Figura 20 – Evolução do Potencial Hídrico de Base, do pós-floração à maturação, na casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.

Segundo Deloire *et al.*, (2002), valores da ordem de grandeza de -0.2 a 0.6 MPa, a partir da fase de bago de chumbo, têm um efeito desacelerador do crescimento vegetativo, sendo propiciador de uma melhoria na qualidade da uva, visto que se observa uma diminuição do peso do bago.

Diversos autores têm procurado estabelecer intervalos para o potencial hídrico foliar, para diferentes níveis de restrição hídrica.

Ojeda (2007), defende o valor de -0.8MPa, para a restrição hídrica severa. Regina (1993), defende que o Ψ_b atinge valores críticos a -0.7MPa, traduzindo a existência de uma situação de limitação das disponibilidades hídricas para a videira. Segundo Carbonneau (2001), valores de potencial de base (Ψ_b) entre -0.4 e -0.6MPa indicam condições de stress hídrico moderado que pode ter um efeito benéfico, ao nível da qualidade visto que conduz a uma redução do crescimento vegetativo da planta favorecendo a acumulação de açúcares e compostos fenólicos nos bagos, durante a maturação. O stress hídrico é limitativo ao desenvolvimento das netas e consequentemente da área foliar total, ocorrendo o favorecimento da zona de frutificação. O mesmo autor estabelece que valores de Ψ_b superiores a -0.2MPa, são indicadores de conforto hídrico, i.e., com restrição hídrica de ausente a ligeira, sendo favoráveis ao crescimento vegetativo.

Observou-se que apenas o ponto 9, apresenta uma recta próxima daquilo que se pode considerar ideal, iniciando à floração com potencial hídrico de base perto dos -0.2MPa, descrendo este valor para cerca dos 0.5MPa durante a maturação.

Qualidade

Como demonstrado, no Quadro 6, relativo aos parâmetros de **qualidade**, a variabilidade que se verifica é baixa em todos os parâmetros referentes aos controlos de maturação, sendo que apenas as antocianas e o índice de polifenóis totais apresentam um coeficiente de variação superior a 10%. No caso das antocianas, o coeficiente de correlação é de 13%, e nos IPT de 12%. No caso do peso e volume de 200 bagos, referentes aos controlos de maturação, observa-se um coeficiente de variação na ordem dos 15%.

Quadro 6 - Estatística Descritiva para os parâmetros de qualidade.

Variável/Factor	Data- Controlo Maturação	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância	Coeficiente Variação
Peso 200 bagos (g)	27-08-2012	174,0	225,0	199,4	17,8	317,7	9%
	04-09-2012	210,3	305,0	267,6	36,2	1307,4	14%
	12-09-2012	254,7	326,9	298,5	25,2	634,7	8%
Volume 200 bagos (ml)	27-08-2012	79,0	113,0	94,7	15,0	224,7	16%
	04-09-2012	125,0	201,0	169,0	25,9	671,8	15%
	12-09-2012	156,0	214,0	189,8	19,4	374,6	10%
Álcool provável (% Vol.)	27-08-2012	10,4	12,6	11,6	0,8	0,6	7%
	04-09-2012	12,3	14,4	13,4	0,8	0,6	6%
	12-09-2012	13,3	15,1	14,2	0,6	0,4	4%
pH	27-08-2012	3,2	3,7	3,3	0,1	0,0	4%
	04-09-2012	3,4	3,8	3,5	0,2	0,0	5%
	12-09-2012	3,3	3,7	3,5	0,1	0,0	4%
Acidez Total (g/ácido tartarico)	27-08-2012	5,6	8,7	6,9	1,0	0,9	14%
	04-09-2012	5,2	6,3	5,7	0,4	0,1	7%
	12-09-2012	4,7	5,9	5,2	0,4	0,2	8%
Antocianas Totais (mg/l)	12-09-2012	1503,8	2254,8	1837,6	242,9	58992,0	13%
Índice Polifenóis Total (280 nm)	12-09-2012	61,2	90,0	74,6	9,0	80,8	12%

Nota: Na variância, a unidade é o quadrado da unidade original

4.3 Análise de correlação

A análise de correlação entre as variáveis em estudo permite determinar o grau de relação existente entre o NDVI e as variáveis em estudo. Para tal os valores apresentados nos quadros 7;8;9;10;11 e 12, que representam os coeficientes de correlação do NDVI com as variáveis em estudo. Pela análise dos coeficientes de correlação, e considerando que um coeficiente de correlação é moderado quando em termos absolutos os valores são superiores a 0,40 e forte quando superiores a 0,70 (Franzblau, 1958).

No que respeita aos parâmetros de variáveis de lenha de poda (Quadro 8), verificou-se que o **peso de lenha de poda** por videira bem como o **peso médio por sarmento** apresentam uma relação positiva com o NDVI, com coeficientes de correlação de 0,46 e 0,48 respectivamente. De acordo com o gráfico verifica-se que apresentam regressões lineares fracas, com coeficiente de determinação de 0,21 e 0,22 respectivamente. Demonstrando que quanto mais elevado o NDVI, maior a tendência para os sarmentos apresentarem um maior peso médio, o que como consequência irá resultar em maior relação também do peso de lenha de poda com o NDVI, visto não ter sido realizada monda de sarmentos. Resultados similares aos obtidos por Arkun (2000).

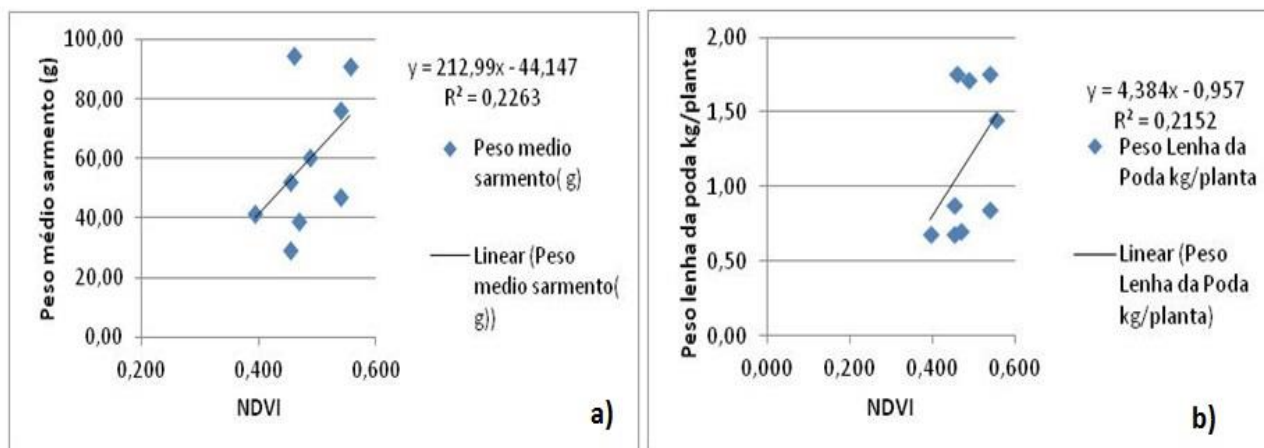


Figura 21- Relação entre NDVI e o Peso médio por sarmento (a) e o Peso de lenha da poda kg/planta (b), de videiras da casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.

Os dados relacionados com a carga/videira e fertilidade, como o **número de talões** ($r=0.42$); **número de ladroes** ($r=0.50$), **numero total sarmentos** ($r=0.48$) e o **Índice de Abrolhamento** ($r=0.52$), apresentam correlações positivas com o NDVI, na ordem dos $0,40 > r < 0,50$ uma vez que estes

parâmetros também irão influenciar as variáveis responsáveis pelo coberto vegetal, estes valores encontram-se em concordância com os descritos anteriormente.

Quadro 7 - Coeficiente de correlação entre NDVI e parâmetros de caracterização de videiras da casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.

Variável/Factor	Coeficiente de correlação (r)
Nº Sarmentos	0,30
Peso Lenha da Poda kg/planta	0,46
Peso médio sarmento(g)	0,48
Nº Sarmentos p/ metro Linear	0,30
Índice Ravaz	-0,34
Biomassa L.E. (g/m ²)	-0,38
Biomassa L.D. (g/m ²)	0,33
Biomassa_média (g/m ²)	0,18
Nº talões	0,42
Carga à poda	0,34
Altura cepa	0,32
Comprimento do Braço A	0,16
Comprimento do Braço B	0,05
Comprimento total braços	0,17
Diâmetro do colo	0,07
Nº olhos abrolhados	0,55
Nº Sarmentos normais	0,45
Nº Ladrões	0,23
Nº total sarmentos	0,24
Índice de Abrolhamento	0,11
Índice de Abrolhamento total	0,06
Nº Inflorescências (sarmentos normais)/planta	0,14
Nº Inflorescências (ladrões)/planta	0,38
Nº total de inflorescências/planta	0,13
Nº sarmentos férteis/planta	0,26
Nº médio inflorescências p/sarmento fértil	-0,18
Índice de Fertilidade	-0,14
Índice Fertilidade à poda	-0,10

Expressão vegetativa

De acordo com o Quadro 9, os dados que caracterizam o coberto vegetal, apresentam correlação com o NDVI desde, $0,43 > r < 0,66$. A **superfície foliar exposta** no estado fenológico referente ao fecho do cacho apresenta um coeficiente de correlação de 0,47 e ao pintor de 0.69, contudo na maturação não apresenta correlação com NDVI. De acordo com o gráfico verifica-se que a correlação do NDVI com a SFE ao pintor apresenta uma regressão linear moderada com um coeficiente de determinação de 0,49.

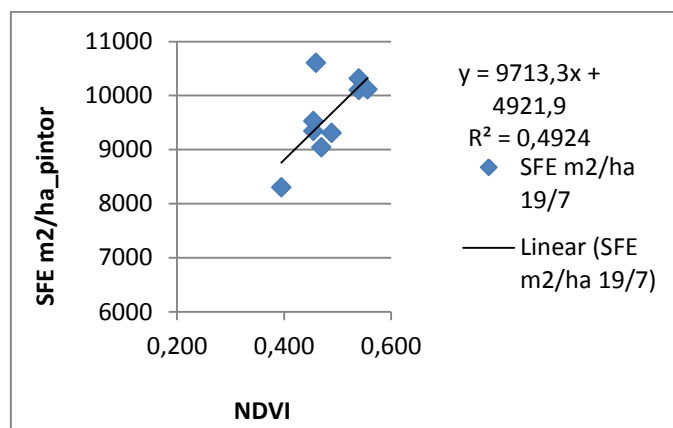


Figura 22- Relação entre NDVI e SFE m²/ha, em videiras da casta “Touriga Nacional”, no estado fenológico do Pintor, Estremoz 2012.

Quanto às relações do NDVI com o **índice de área foliar** por videira, verifica-se que as relações são lineares, na Floração ($r=0,42$) e também ao Pintor ($r=0,57$, $r^2 = 0,329$), sendo maior esta correlação ao pintor e diminuindo na maturação, apresentando uma correlação linear moderada.

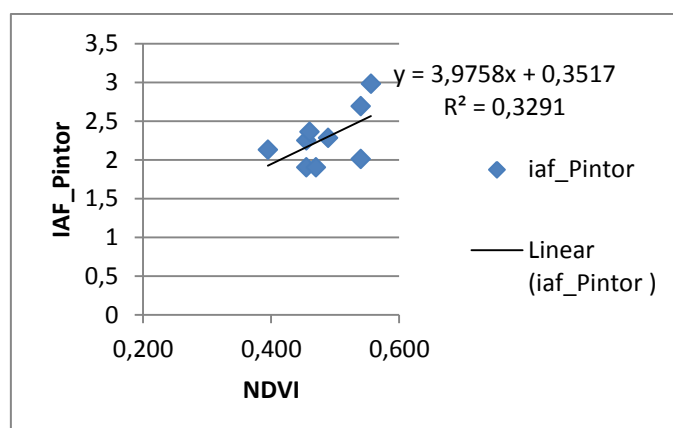


Figura 23- Relação entre NDVI e Índice de Área Foliar, em videiras da casta “Touriga Nacional”, no estado fenológico do Pintor, Estremoz 2012.

Diferente autores, determinaram a existência de uma estreita relação entre NDVI e o Índice de Área Foliar (Johnson *et al*, 2001;. 2003a, b; Cordeiro *et al*, 2001; Dobrowski *et al*, 2002). Também Goutouly *et al.*, (2006) através de ensaios realizados em Bordeaux com a casta “Merlot” verificaram também que o NDVI é uma variável que explica uma elevada proporção da variação da área foliar da vinha $r^2=0,94$.

No presente estudo as relações apresentam valores de correlação moderados, entre o NDVI e a IAF.

Quadro 8 Coeficiente de correlação entre NDVI e factores relacionados com o coberto vegetal, na casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.

Variável/Factor	Estado Fenológico (Data)	Coeficiente de correlação (r)
Altura Total sebe (cm)	Floração (19-5-2012)	0,38
	Fecho do cacho (19-7-2012)	0,66
	Maturação (13-9-2012)	0,29
Altura base sebe(cm)	Floração (19-5-2012)	0,43
	Fecho do cacho (19-7-2012)	-0,24
	Maturação (13-9-2012)	0,15
Altura zona cachos (cm)	Floração (19-5-2012)	-0,48
	Fecho do cacho (19-7-2012)	0,12
	Maturação (13-9-2012)	0,18
Largura base (cm)	Floração (19-5-2012)	0,58
	Fecho do cacho (19-7-2012)	0,6
	Maturação (13-9-2012)	0,02
Largura sebe na zona dos cachos (cm)	Floração (19-5-2012)	0,62
	Fecho do cacho (19-7-2012)	0,36
	Maturação (13-9-2012)	-0,15
Largura media (cm)	Floração (19-5-2012)	0,65
	Fecho do cacho (19-7-2012)	0,57
	Maturação (13-9-2012)	-0,09
Superfície Foliar Exposta (m ²)	Floração (19-5-2012)	0,47
	Fecho do cacho (19-7-2012)	0,69
	Maturação (13-9-2012)	0,21
SFE m ² /ha	Floração (19-5-2012)	0,47
	Fecho do cacho (19-7-2012)	0,7
	Maturação (13-9-2012)	0,2
Índice de Área Foliar	Floração (10-5-2012)	0,42
	Pintor (22-7-2012)	0,57
	Maturação (13-9-2012)	0,08
Nº Folhas Amarelas /videira	22-07-2012	0,02
	01-08-2012	-0,27
	12-08-2012	-0,32

	23-08-2012	-0,29
	31-08-2012	-0,09
	10-09-2012	-0,04

Relações vegetação/frutificação

Quanto à relação SFE/Produção (m^2/kg), verifica-se uma relação inversa com o NDVI. Deste modo quanto maior o NDVI, menor o rácio folha/fruto, apresentando um coeficiente de correlação de -0.41, no entanto o coeficiente de determinação ($r^2=0,17$), demonstra uma regressão linear fraca.

Best et al (2005), num ensaio no Chile com a casta Cabernet Sauvignon obtiveram também uma relação negativa entre o NDVI e o rácio folha/fruto.

Contudo esta relação deve ser avaliada com precaução pois resulta do efeito conjugado de uma área foliar elevada e de uma produção baixa, sem com isso configurar um elevado potencial enológico das uvas vindimadas.

Quadro 9 Coeficiente de correlação entre NDVI e as relações frutificação/vegetação.

Variável/Factor - Relação folha/ fruto	Coeficiente de correlação (r)
SFE/kg	-0,41
Área Foliar (m^2)/kg de uva	0,06

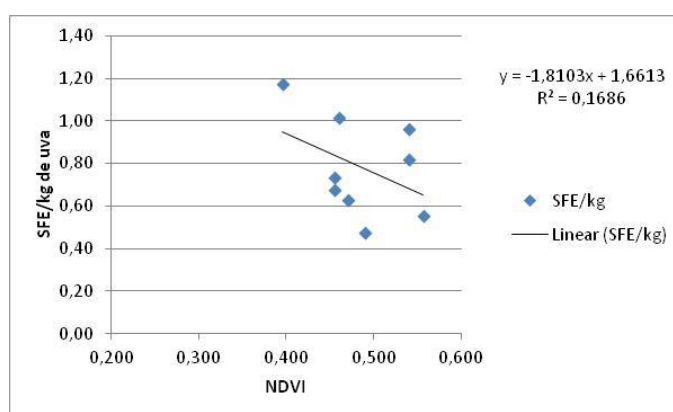


Figura 24- Relação entre NDVI e relação Superfície Foliar Exposta/ kg de uva, na casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.

Produtividade

Analisando os valores do Quadro 11, os parâmetros produtividade/videira, apresentam relações lineares positivas com NDVI. Demonstrou-se que o **número de bagos** no estado fenológico fecho do cacho apresenta um coeficiente de correlação de 0,68 e um coeficiente de determinação de 0,46, resultando numa regressão linear moderada. O **peso do cacho** no mesmo estado fenológico apresenta um $r = 0,54$ e um coeficiente de determinação de 0,29 com o NDVI, demonstrando uma regressão linear moderada (Figura 25).

Ao Pintor apenas se verificam correlações com o peso do cacho ($r = 0,44$). A **produção por videira** apresenta relação linear com o NDVI, com um coeficiente de correlação de 0,43. Tal como Sereno (2006), observou nas castas Touriga Nacional e Syrah elevadas correlações do NDVI com a produtividade (peso por cacho), este mesmo resultado vai de encontro aos resultados referidos por Brancadoro *et al.*, (2006) e com Strever (2007), em que modalidades de baixo e médio vigor, obtiveram valores inferiores de produção.

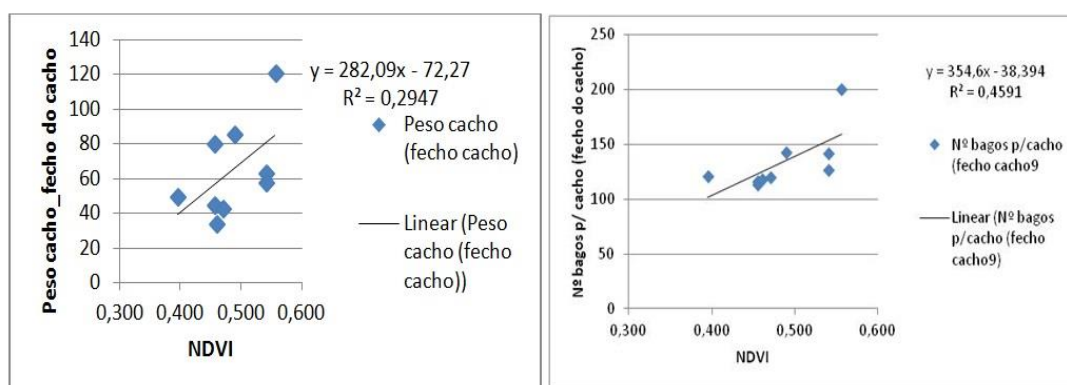


Figura 25- Relação entre NDVI e Peso do cacho e nº bagos por cacho no estado fenológico fecho do cacho, na casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.

Quadro 10- Coeficiente de Correlação entre NDVI e variáveis da produtividade.

Variável/Fator	Estado Fenológico (data)	Coeficiente de correlação (r)
Peso cacho (g)	Fecho do cacho (19-7-2012)	0,54
	Pintor (18-8-2012)	0,44
	Maturação (13-9-2012)	0,30
Nº bagos p/cacho	Fecho do cacho (19-7-2012)	0,68
	Pintor (18-8-2012)	0,26
	Maturação (13-9-2012)	-0,04
Peso médio 200	Fecho do cacho (19-7-2012)	0,23

bagos (g)	Pintor (18-8-2012)	0,38
	Maturação (13-9-2012)	0,01
nº cachos (maturação)	13-06-2012	0,34
Produção/Videira Kg	16-09-2012	0,43

Potencial Hídrico de Base

No Quadro 11, observam-se as correlações entre o NDVI e o potencial hídrico de base e o débito de gotejadores. Apenas é apresentada correlação em duas datas, na primeira uma correlação positiva e na segunda dia 25 de Julho, correlação negativa. Seria de esperar correlação do NDVI com o potencial hídrico, devido ao facto, da forte reflectância que as folhas apresentam no infravermelho próximo, estar associada à estrutura das células das folhas e a água nelas contidas (Campbell, 1996).

Quadro 11- Coeficiente de correlação entre o NDVI e o Potencial Hídrico de Base e o débito dos gotejadores

Variável/Factor	Data - controlos de maturação	Coeficiente de correlação (r)
Potencial Hídrico de Base	06-06-2012	0,49
	17-06-2012	-0,11
	25-06-2012	-0,53
	07-07-2012	-0,29
	19-07-2012	-0,30
	29-07-2012	0,02
	04-08-2012	0,00
	13-08-2012	-0,03
	25-08-2012	0,19
	06-09-2012	-0,27
Debito gotejadores l/h		-0,25

Controlos de Maturação e Parâmetros Qualitativos

Quadro 12 Coeficiente de correlação entre o NDVI e as variáveis de produtividade e qualidade em videiras da casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.

Variável/Factor	Data - controlos de maturação	Coeficiente de correlação (r)
Peso 200 bagos (g)	27-08-2012	0,59
	04-09-2012	0,81
	12-09-2012	0,71
Volume 200 bagos (ml)	27-08-2012	0,52
	04-09-2012	0,88
	12-09-2012	0,71
Álcool Provável (% Vol.)	27-08-2012	-0,01
	04-09-2012	0,03
	12-09-2012	-0,17
pH	27-08-2012	-0,37
	04-09-2012	0,55
	12-09-2012	0,56
Acidez Total (g/ácido tartarico)	27-08-2012	-0,13
	04-09-2012	0,33
	12-09-2012	0,19
Antocianas Totais (mg/l)	12-09-2012	-0,33
Índice Polifenóis Total (280 nm)	12-09-2012	-0,51

Quanto às **variáveis relacionadas com a qualidade**, cujos valores se podem observar no Quadro 11, desde o primeiro controlo de maturação até ao último realizado dia 12 de Setembro, verifica-se uma correlação positiva entre peso/volume de 200 bagos e o NDVI.

Em relação aos parâmetros analíticos, pH, a acidez total e álcool provável, apenas se observa correlação positiva com o pH. O facto de esta correlação ser positiva não vai de encontro aos

resultados obtidos por Strever (2007) e Best et al., (2005), em que verificaram mostos provenientes de NDVI mais baixos apresentavam valores de pH mais elevados.

Observa-se uma correlação negativa do NDVI com Índice de Polifenóis Totais ($r=-0,51$), apesar da correlação entre o NDVI e antocianinas não ser significativo verifica-se que o sentido da correlação também tende para negativa. O mesmo foi verificado por Sara (2009).

A correlação entre o NDVI e o Índice de Polifenóis Totais apresenta uma regressão linear moderada com um coeficiente de determinação de 0,26 (figura 26).

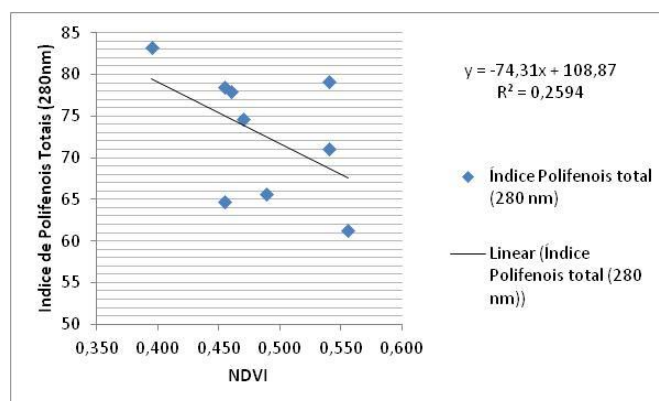


Figura 26 - Relação entre NDVI e Índice de Polifenóis Totais, em videiras da casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012

Vindima, composição do mosto e fermentação

No dia 17 de Setembro, realizou-se a vindima segmentada de uma mancha de classe de NDVI mais alta e outra mais baixa. Foram retiradas amostras de mostos dos dois níveis de NDVI antes do início da fermentação alcoólica tendo sido realizadas as análises dos parâmetros físico-químicos indicados no Quadro 13.

Quadro 13 Análise físico-química dos mostos antes da fermentação alcoólica.

Pontos	Data	Massa Volumica 20°C g/cm3	Temp(°C)	pH	Alcool Prov. (%v/v)	Acidez Total (g/L Ác. Tartarico)	SO2 Livre
Ponto 9 (NDVI baixo-0.395)	16-09-2012	1103	21	4,0	14,3	4,43	18
Ponto 5 (NDVI alto- 0.556)	16-09-2012	1098	22	3,8	13,3	4,9	17

Verifica-se que o álcool provável é mais elevado no ensaio referente ao NDVI_ baixo, assim como o pH é mais alto e a acidez total é mais baixa, do que no ensaio respeitante ao NDVI alto. Apesar da acidez total se apresentar baixa nos dois ensaios optou-se por não se realizar qualquer tipo de correcção, de modo a serem mais perceptíveis as diferenças na prova entre cada ensaio.

Na figura 26, apresentam-se os registos das medições efectuadas (temperatura e densidade) durante as duas fermentações, as fermentações decorreram com cinéticas normais, sem qualquer tipo de incidente.

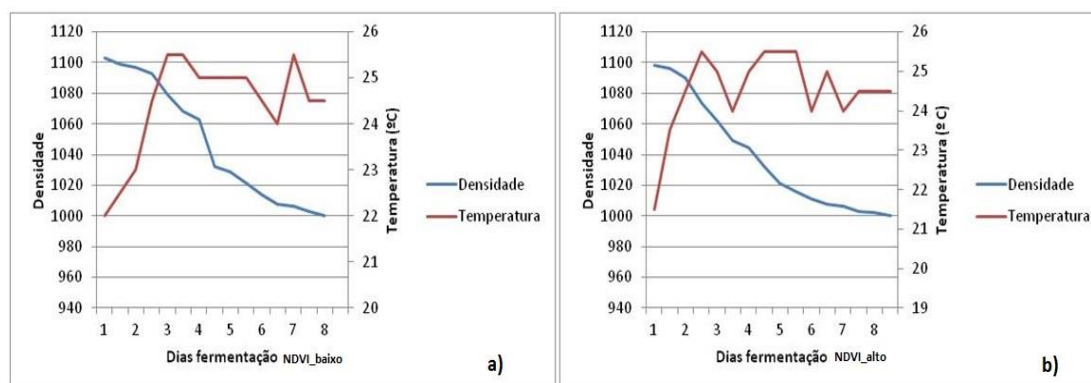


Figura 26 – Cinética de fermentação a) ensaio resultante da segmentação do NDVI_baixo; b) ensaio resultante da segmentação do NDVI_ alto, casta “Touriga Nacional”, 2012.

Análise laboratorial dos vinhos

Os resultados obtidos na análise laboratorial do vinho, não foram objecto de estudo estatístico, uma vez que não houve repetições, comparando-se apenas os resultados entre os dois níveis de NDVI, estando ciente de todas as variáveis que podem causar erro: volume (800kg), amostra seleccionada não ser representativa da modalidade, remontagens manuais.

Os valores de acidez volátil, sulfuroso livre e total encontram-se dentro dos limites legais.

Tal como se observou nas análises realizadas ao mosto antes do início da fermentação, também nas análises após a desencuba verifica-se que o grau alcoólico na classe de NDVI baixo é ligeiramente superior ao NDVI alto.

Os valores de acidez são mais baixos na classe de NDVI baixo, o que pode estar associado a degradação do ácido málico nas uvas ao longo da maturação das uvas, o valor de pH vai

aumentando à medida que a acidez total diminui, o que se deve à diminuição da concentração de ácidos no bago. Este fenómeno deve-se tanto à neutralização dos ácidos pelo aumento do teor em potássio e outros cátions no bago, como à conversão parcial do ácido málico em açúcares.

Quadro 14 Parâmetros analíticos dos vinhos resultantes da segmentação da vindima

Análises	Data	NDVI_baixo	NDVI_alto
Grau Alcoólico (%V/V)	28-Set	14,7	14
Acidez Total g ác.tartárico/L	28-Set	5,25	5,59
Acidez Volátil g ác.acético/L	28-Set	0,21	0,24
Sulfuroso Livre mg/L	28-Set	25	27
Sulfuroso Total mg/L	28-Set	65	66
pH	28-Set	3,85	3,76
Ácido málico g/L	20-Nov	0,1	0,1
Intensidade da cor u.a	28-Mar	13,73	12,4
Tonalidade cor u.a.	28-Mar	0,63	0,79
Índice de Polifenóis Totais (700nm)	28-Mar	57,9	55,95
Antocianas Totais Malvidina mg/dm ³	28-Mar	1027,09	997,88

4.4 Análise Sensorial

Para verificação do contraste existente entre as cinco amostras em prova, foi realizado um teste de Tukey, de modo a observarem-se as diferenças existentes na análise sensorial realizada pelo painel de provadores. Nos quadros referentes à análise sensorial, as médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Como se apresenta no Quadro 15, em relação à apreciação global verifica-se que o vinho Encostas_EG difere significativamente quer do ensaio de NDVI_alto quer do NDVI_baixo.

Verifica-se que de acordo com os provadores a gama de vinhos Encostas de Estremoz, encontra-se bem segmentado, sendo que o Encostas_TG varia significativamente com Encostas_EG e Encostas_MG, apresentando parâmetros de qualidade sensorial superior. Sendo que os NDVI não variam com o Encostas_TG, verificando-se que a possibilidade de segmentação poderá permitir a obtenção de vinhos mais equilibrados, sendo considerados superiores.

Quadro 15 Comparação da análise sensorial de vinhos resultantes da segmentação da vindima em NDVI_alto e NDVI_baixo e três gamas dos vinhos Encostas de Estremoz: Encostas_EG -Entrada de Gama; Encostas_MG – Média gama; Encostas_TG – Topo de Gama.

Parâmetro		Encostas_EG	Encostas_MG	Encostas_TG	NDVI_ALTO	NDVI_BAIXO
Cor	Intensidade	2,9a	3,9b	4,2bc	4,2bc	4,7c
	Tonalidade	3,4a	4,0ab	4,3ab	3,8ab	4,7b
Aroma	Intensidade	2,8a	3,5ab	3,9bc	3,3ab	4,4c
	Persistência	2,4a	3,1ab	3,8cd	3,4bc	4,4d
	Equilíbrio	2,8a	3,2ab	3,8bc	3,1a	4,2c
Gosto	Adstringência	2,8a	3,2a	3,9abc	3,4bc	4,3c
	Estrutura	2,4a	3,1ab	3,8cd	3,2bc	4,4d
	Persistência	2,7a	3,3ab	3,9bc	3,2ab	4,4c
	Equilíbrio	2,3a	3,1b	3,8cd	3,3bc	4,2d
Apreciação global		2,6a	2,9ab	4,1c	3,4bc	4,5c

Nota: Cor: 1 – descorada; 2 – ligeira; 3 – pouco intensa; 4 – intensa; 5 – bastante intensa; 6 – muito intensa.

Aroma e Gosto: 1 – inexistente; 2 – pouco perceptível; 3 – pouco intenso; 4 – intenso; 5 – bastante intenso; 6 – muito intenso.

Para a Qualidade do Aroma, Qualidade do Gosto e Apreciação Global foi utilizada uma escala hedónica crescente de 1 a 5.

Sig. – Nível de significância: n.s. – não significativo ao nível de 0,05 pelo teste Tukey. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente ao nível de 0,05 pelo teste DMS.

Verifica-se que apenas existem diferenças significativas entre os dois ensaios de NDVI, em todos os parâmetros excepto na intensidade da cor, o que é coerente com os parâmetros analisados nos controlos de maturação. Sendo de salientar que os provadores distinguiram o vinho resultante do NDVI_BAIXO, como sendo superior ao nível da apreciação global.

No quadro abaixo apresentado (Quadro 16), efectuou-se uma análise de médias entre o vinho resultante da mancha de NDVI_ALTO (valor de NDVI: 0.556) e NDVI_BAIXO (valor de NDVI: 0.395).

Quadro 16 Comparação da análise sensorial de vinhos provenientes da segmentação da vindima em NDVI_alto e NDVI_baixo, na casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.

Parâmetro		NDVI_ALTO	NDVI_BAIXO	sig
Cor	Intensidade	4,2bc	4,7c	n.s.
	Tonalidade	3,8ab	4,7b	*
Aroma	Intensidade	3,3ab	4,4c	***
	Persistência	3,4bc	4,4d	***
	Equilíbrio	3,1a	4,2c	***
Gosto	Adstringência	3,4bc	4,3c	**
	Estrutura	3,2bc	4,4d	***
	Persistência	3,2ab	4,4c	***
	Equilíbrio	3,3bc	4,2d	**
Apreciação global		3,4bc	4,5c	***

Nota: Cor: 1 – descorada; 2 – ligeira; 3 – pouco intensa; 4 – intensa; 5 – bastante intensa; 6 – muito intensa.

Aroma e Gosto: 1 – inexistente; 2 – pouco perceptível; 3 – pouco intenso; 4 – intenso; 5 – bastante intenso; 6 – muito intenso.

Para a Qualidade do Aroma, Qualidade do Gosto e Apreciação Global foi utilizada uma escala hedônica crescente de 1 a 5

Sig. – Nível de significância: n.s. – não significativo ao nível de 0,05 pelo teste Tukey * - significativo ao nível de 0,05; ** - significativo ao nível de 0, F. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente ao nível de 0,05 pelo teste Tukey

No Quadro 17, observa-se a análise de médias referentes a análise sensorial entre o ensaio NDVI_BAIXO e o vinho Encostas_TG. Os provadores apenas detectaram diferenças significativas na adstringência, na estrutura, persistência e na apreciação global, sendo as médias superiores no ensaio respeitante ao NDVI_BAIXO. Os parâmetros relativos à cor não apresentaram diferenças significativas.

Quadro 17 Comparação da análise sensorial dos vinhos: NDVI_baixo e Encostas_TG, da casta “Touriga Nacional”, Estremoz 2012.

Parâmetro		NDVI_BAIXO	Encostas_TG	sig.
Cor	Intensidade	4,7c	4,2bc	n.s.
	Tonalidade	4,7b	4,3ab	n.s.
Aroma	Intensidade	4,4c	3,9bc	n.s.
	Persistência	4,4d	3,8cd	*
	Equilíbrio	4,2c	3,8bc	n.s.
Gosto	Adstringência	4,3c	3,9abc	n.s.
	Estrutura	4,4d	3,8cd	*
	Persistência	4,4c	3,9bc	*
	Equilíbrio	4,2d	3,8cd	n.s.
Apreciação global		4,5c	4,1c	*

Nota: Cor: 1 – descorada; 2 – ligeira; 3 – pouco intensa; 4 – intensa; 5 – bastante intensa; 6 – muito intensa.
Aroma e Gosto: 1 – inexistente; 2 – pouco perceptível; 3 – pouco intenso; 4 – intenso; 5 – bastante intenso; 6 – muito intenso.

Para a Qualidade do Aroma, Qualidade do Gosto e Avaliação Global foi utilizada uma escala hedônica crescente de 1 a 5

Sig. – Nível de significância: n.s. – não significativo ao nível de 0,05 pelo teste Tukey. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente ao nível de 0,05 pelo teste DMS.

5. Conclusão

O primeiro objectivo desta dissertação foi de avaliar a variabilidade espacial dos parâmetros relacionados com o vigor, produtividade e qualidade de uma parcela de vinha com a casta Touriga Nacional.

Pode-se concluir que existe variabilidade de diversas variáveis, contudo não se observaram valores muito significativos de variabilidade, sendo que o coeficiente de variação mais significativo foi de 0,88 para o volume dos bagos. Observou-se variabilidade nos parâmetros relacionados com o vigor como: o peso lenha de poda, peso médio de sarmento e Índice de Ravaz.

Em relação aos parâmetros que caracterizam o coberto vegetal, como o Índice de Área Foliar e a Superfície Foliar Exposta, observa-se uma variabilidade moderada, este facto pode dever-se ao modo como a rega foi conduzida (conforto hídrico), camuflando os diferentes efeitos do stresse hídrico em videiras com diferentes níveis de vigor.

As variáveis relacionadas como a produtividade, apresentam variabilidade moderada-elevada, verificando-se os valores mais elevados ao fecho do cacho e à maturação, no peso e volume dos cachos. Em relação à produtividade observa-se pontos em que a variabilidade é de 25%.

Em relação as variáveis relacionadas com a qualidade apenas se observar variabilidade no pH, Índice de Polifenóis Totais e Antocianas.

Deste modo ao observar-se variabilidade na parcela, obtém-se assim o primeiro pressuposto para a utilização de Viticultura de Precisão. Sendo que a variabilidade é observada essencialmente no vigor vegetativo e na produção.

Através da análise de correlação entre o NDVI e as diversas variáveis que caracterizam o vigor, produtividade e qualidade, verificou-se que o NDVI apresenta uma elevada correlação com área foliar, superfície foliar exposta, relação SFE/kg de uva, peso/sarmento, índice de Ravaz e a produção. A existência de correlação entre o NDVI e as variáveis acima descritas permitem considerar a hipótese de utilização do NDVI como estimador de vigor e de produção da videira.

Contudo os resultados do estudo em questão não apresentaram correlações entre o NDVI e os parâmetros analíticos da qualidade das uvas como, o ° Brix, acidez total e a concentração em antocianas.

Verifica-se que o NDVI oferece uma visão robusta do crescimento vegetativo (vigor), mas não deve ser extrapolada para a qualidade das uvas. Visto que a qualidade da uva encontra-se fortemente dependente do equilíbrio entre o crescimento vegetativo e o desenvolvimento reprodutivo, não é possível apenas com a interpretação dos dados relativos à expressão vegetativa extrapolar para a qualidade.

Os resultados obtidos pela segmentação da vindima em duas zonas de NDVI distinto, uma alta e outra baixa, ambos apresentam resultados positivos significativos no que diz respeito à análise sensorial. Demonstrando que ao realizar-se a segmentação obtém-se vinhos mais equilibrados e com uma apreciação global superior. Pela análise dos resultados concluímos que esta diferenciação ocorre essencialmente por se obter vinhos mais homogêneos, e não devido aos parâmetros físico-químicos dos mostos/vinhos, visto que estes não apresentam diferenças significativas.

Através da análise da relação folha/fruto, verifica-se que as videiras não se encontram equilibradas, sendo que a melhoria desta relação, por exemplo realizando uma monda de cachos e aumentando a SFE, permitiria a obtenção videiras mais equilibradas, e logo vinhos mais equilibrados.

O facto de verificarmos que a condução da rega não terá sido a mais indicada, devido ao facto das videiras se encontrarem em conforto hídrico, as correlações que poderiam ser esperadas com a qualidade ficaram atenuadas.

Deste modo concluiu-se que não existe uma relação universal entre o NDVI e os parâmetros indicadores de qualidade da uva (^oBrix, acidez total, antocianas), apesar de muitos estudos demonstrarem essa correlação, no caso em questão tal não se verificou. Sendo deste modo sempre necessária uma validação em campo dos dados representados nas cartas de NDVI, tendo sempre em consideração factores como, a casta, a rega, a densidade de plantação e a realização de operações de controlo de vegetação e cachos.

Contudo o NDVI demonstra importância na caracterização do vigor e produtividade da parcela, devido à elevada correlação que apresenta com as variáveis relacionadas com estes parâmetros.

6. Bibliografia

- Afonso, J.M. (1996). Influência da intensidade de desfolha na ecofisiologia e produtividade da videira (*Vitis vinifera* L.). 131P. Tese de Mestrado, Universidade do Porto e Universidade Técnica de Lisboa.
- Alberto, D., & Ferreira, J. (2007). A competitividade do cluster do vinho em Portugal. Associação Portuguesa de Economia Agrária.
- Andrade, I., and C. Lopes (2008). Desfolha da videira. In I Conferências da Tapada. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia
- Andrade, I., Pedroso, V., Martins, S., Brites, J.& Lopes, C. (2001). Influence de l'effeuillage sur le comportement du cépage Jaen dand lá région de Dão. Montpellier, Comptes Rendus XII GESCO, 12, 431-436.
- Arkun S., Honey F., Johnson L., Lamb D., Lieff W., Morgan G. (2000). Airborne remote sensing of th vine canopy [on line]. Available in <http://www.crcv.com.au/research/programs/one/finalreport.pdf> [3 March, 2008].
- Arnó, J., Martínez Casanovas, J.A., Ribes Dasi, M., Rosell, J.R. (2005). Precision Viticulture. Research topics, challenges and opportunities in site-specific vineyard management.Spanish. Journal of Agricultural Research Vol 7, No 4.
- Arnó, J.; Martinez Casas Novas, J. A.; Ribes Dasi, M.; Rosell, J. (2009). Review. Precision viticulture.research topics, challenges and opportunities in site specific vineyard manegement. Spanish Journal of Agricultural Research, v. 7, n. 4, p. 779-790
- Bernardi, J.V.E. & Landim (2002). P.M.B. Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na coleta de dados. DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 10, 31 pp.
- Bernardi, J.V.E. & Landim, P.M.B. (2002). Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na coleta de dados. DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 10, 31 pp.
- Best, S.; Léon, L.; Claret, M. (2005). Use of precision viticulture tools to optimize the harvest of high quality grapes. Centro regional de investigation. Casilla 426.
- Blackmore, B. S. (1999). Developing the principles of precision farming. Agrotech 99. Barretos, Brazil, Barretos Insitute of Technology.
- Böhm J (2010) Portugal vitícola: o grande livro das castas. Lisbon, Portugal: C. Ferreira. 234.
- Braga, R. (2008). Viticultura de Precisão. V Mestrado Viticultura-Enologia, ISA.
- Braga, R. (2009). Base de funcionamento e casos de estudo de VRT: Gestão intra-parcelar da densidade de plantas e taxa de aplicação de fertilizantes. In Agricultura de Precisão. (J. P. Coelho e J. R. Silva). Inovação e Tecnologia na Formação Agrícola, AJAP, Lisboa, pp. 54 – 72.

- Bramley, R. G. V. (2005). "Understanding variability in winegrape production systems 2. Within vineyard variation in quality over several vintages." *Australian Journal of Grape and Wine Research* 11.1, 33-42.
- Bramley, R. G. V., & Hamilton, R. P. (2005). Hitting the zone—making viticulture more precise. In *Proceedings of the 12th Australian Wine Industry Technical Conference*. Eds. RJ Blair, PJ Williams and IS Pretorius (AWITC: Adelaide), 57-61.
- Bramley, R.; Lamb, D.; Proffitt, T.; Winter, E. (2006). *Precision Viticulture: A new era in vineyard management and wine production*. Winetitles.
- Bramley, R.G.V. & Hamilton, R.P. (2004). Understanding variability in winegrape production systems. *Australian Journal of Grape and Wine Research*.10,32-45
- Bramley, R.G.V. & Lamb, D.W. (2001). Making sense of vineyard variability in Austrália. Occasional report nº14. Fertilizer and lime research centre, Massey University, Palmerston Nort.
- Bramley, R.G.V. & Lamb, D.W. (2003). Making sense of vineyard variability in Australia. In: Ortega, R.; Esser, A.. *Precision Viticulture. Proceedings of an internacional symposium held as part of the IX Congreso Latinoamericano de Viticultura e Enologia*, Chile. Centro de Agricultura de Precisión (CAPUC), Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Bramley, R.G.V. (2000). Measuring within vineyard variability in yield and quality attributes. *Vineyard monitoring and management beyond*. Wagga.
- Bramley, R.G.V. and Proffitt, A.P.B. (1999). Managing variability in viticultural production. *The Australian Grapegrower and Winemaker* 427, 11-16.
- Bravdo, B., Hepner, C., Loinger, C., Cohen, S. & Tabacman, H. (1985). Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. *A.J.Enol.Vitic.*, 36(2), 132-139.
- Calderón, R., Navas-Cortés, J. A., Lucena, C., & Zarco-Tejada, P. J. (2013). High-resolution airborne hyperspectral and thermal imagery for early detection of Verticillium wilt of olive using fluorescence, temperature and narrow-band spectral indices. *Remote Sensing of Environment*, 139, 231-245.
- Campagnolo, M.L. (2004). *Elementos de apoio à disciplina de Sistemas de Informação Geográfica e Detecção Remota*. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia.
- Campbell, J.B. (1996) 'Introduction to Remote Sensing' (The Guildford Press: New York, London).
- Carbonneau, A. (1981). Observation sur vigne: Codification des données agronomiques. *Vititechniques*, Septembre. 8-11.
- Carbonneau, A. (1982). Réflexions sur l'agrométéorologie et la maîtrise du milieu. *Agronomie*, 2, 399-404.

- Carbonneau, A., (1998). Aspects qualitatifs. In: Traité d'irrigation. 258-276. Tiercelin J.R. (ed.), Lavoisier- Tec & Doc, Paris.
- Carbonneau, A., Leclair, P., Dumartin, P., Cordeau, J. & Roussel, C. (1977). Régularisation de la production et de la qualité des vins rouges par le rognage, l'effeuillage et l'éclaircissage. *Vignes et Vins*, 256 (1), 19-27.
- Carbonneau, A., Leclair, P.H., Dumartin, P., Cordeau, J. & Roussel, C. (1977). Etude de l'influence chez la vigne du rapport "partie végétative/partie productrice" sur la production et la qualité des raisins; *Connaissance de la Vigne et du Vin*, v. 11, n.º 2, 130.
- Carbonneau, A., Riou, C. Guyon, D., Riou, J., Schneider, C., (1992). Agrometeorologie de la vigne en France. 165p. Office des Publications Officielles des Communautés Européennes, Luxembourg.
- Castro, R. & Cruz, A. (2001). Intervenções em verde na vinha. *Crisopa*, Série II, nº27.
- Castro, R., Cruz, A. & Botelho, M. (2006). tecnologia vitícola. 160p. Ministerio da Agricultura, Pescas e Florestas/Direcção Geral de Agricultura da Beira Litoral/ Comissão Vitivinícola da Bairrada, Coimbra.
- Castro, R., Cruz, A., Figueira, L., Moreira, M., Rodrigues, C. & Gomes, C. (2005). Shoot density and leaf removal effects on microclimate, yield, fruit composition and wine quality of the Portuguese vine variety Touriga Nacional. *Geisenheim, Comptes Rendus XIV GESCO*, 2, 705-711.
- Champagnol, F. (1984). Elements de physiologie de la vigne et de viticulture général. Imprim. Déhan, Montpellier 354pp.
- Clark, R.L. e McGucken, R.L. (1996). Variable rate application technology: An overview. *Proceedings of the Third International Conference on Precision Agriculture*. Minneapolis, MN, June 23-26, 1996. Robert, P. C., Rust, R. H. e Larson, W. E. (Eds.). ASA Miscellaneous Publications, ASA, CSSA, e SSSA, Madison, WI, 651-662.
- Coelho, J. C., Silva, J. M. (2009). 1ª Edição Agricultura de Precisão, Associação de Jovens Agricultores de Portugal, Lisboa
- Cook, S. & Bramley, R. (1998). Precision agriculture: opportunities, benefits and pitfalls. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 38, 753-763.
- Cook, S.E. & Bramley, R.G.V. (2001). Is agronomy being left behind by precision agriculture? In *Australian Agronomy Conference*, 10.
- Cortell, J.M., M. Halbleib, A.V. Gallagher, T.L. Righetti, and J.A. Kennedy (2007). Influence of vine vigor on grape (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir) anthocyanin. 1. Anthocyanin concentration and composition in fruit. *J. Agric. Food Chem.* 55:6575-6584.
- Crippen, D.D. & Morisson, J.C. (1986). The effects of sun exposure on the compositional development of Cabernet Sauvignon berries. *Am. J. Enol. Vitic.*, 37(4), 235-242.

- Dabas, M., Tabbagh, A. (2003). A comparison of EMI and DC methods used in soil mapping—theoretical considerations for precision agriculture. In: Stafford, J., Werner, A. (Eds.), Precision Agriculture. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, pp. 121–127
- Dabas, M., Tabbagh, A. and Tabbagh, J. (1994). 3D inversion in subsurface electrical surveying- I. Theory. Geophy. J. Inter. 119, 975-990.
- Davis, G., Casady, W. & Massey, R. (1998) Precision agriculture: An introduction. Water quality. University of Missouri-System, 1998. P.8. <http://www.fse.missouri.edu/mpac/pubs/wq0450.pdf> em 17 Jun. 1999
- Dias, S. D. (2009). Segmentação da vindima com base na observação de imagens multiespectrais aéreas. Dissertação de mestrado em viticultura e enologia, Universidade Técnica de Lisboa.
- Dobrowski, S.Z.; Ustin, S.L. & Wolpert, J.A. (2002). Remote estimation of vine canopy density in vertically shoot- positioned vineyards: determining optimal vegetation indices. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. Vol. 8. Issue 2. 117-125 July.
- Google maps, 2012. <https://maps.google.pt/> consultado em 18/10/2013.
- Greenspan, M.D. & O'Donnell, J.J.; (2001), Evaluating the utility of remotely sensed canopy density for the understanding of vineyard spatial variability. In: Reynolds AG (ed.), Space age winegrowing - Proceedings of a symposium, American Society of Enology and Viticulture, Davis, C.A., 27-41
- Hall, A., D. W. Lamb, B. Holzapfel, and J. Louis. (2002). Optical remote sensing applications in viticulture - a review. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 8: 36-47.
- Howell, G.S. (2001). Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: A review. *Am. J. Enol. Vitic.* 52:3 165-174.
- Johnson L, Lobitz B, Armstrong R, Baldy R, Weber E, De Benedictis J, Bosch D. (1996). Airborne imaging aids vineyard canopy evaluation. California Agriculture, special issue on Phylloxera. 50:14-18.
- Johnson L, Lobitz B, Armstrong R, Baldy R, Weber E, De Benedictis J, Bosch D. (1996). Airborne imaging aids vineyard canopy evaluation. Calif Agr 50(4):14-18.
- Johnson, L. F., D. E. Roczen, S. K. Youkhana, R. R. Nemani, and D. F. Bosch. (2003). Mapping vineyard leaf area with multispectral satellite imagery. *Comp.and Electr. In Agr.* 38: 37-48.
- Johnson, L.F. (2003). Temporal stability of an NDVI-LAI relationship in Napa Valley vineyard. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 9 (2), 96-101.
- Johnson, L.F., Bosch, D.F., Williams, D.C., & Nemani, B.M. (2001). Remote Sensing of Vineyard Management Zones: Implications for Wine Quality. American Society of Agricultural Engineers ISSN 0883-8542.
- Johnson, L.F., Bosch, D.F., Williams, D.C., Lobitz, B.M., 2001. Remote sensing of vineyard management zones: Implications for wine quality. *Appl. Eng. Agric.* 17, 557/560

- Johnson, L.F., Roczen, D.E., Youkhana, S.K., Nemani, R.R., & Bosch, D.F.(2003). Mapping vineyard leaf area with multispectral satellite imagery. *Computers and Electronics in Agriculture* 38, 33-44.
- Kaps, M.L. & Cahoon, G.A. (1989). Berry thinning and cluster thinning influence vegetative growth, yield, fruit composition and net photosynthesis of Seyval Blanc grapevines. *J. Am. soc. Hortic.Sc*, 114, 20-24.
- Kliewer, W.M., & Weaver, R.J. (1971). Effect of crop level and leaf area growth, composition, and coloration of Tokay grapes. *Am.J. Enol. Vitic.*, 22(2), 59-64
- Kliewer, W.M., Marois, J.J., Bledsoe, A.M., Smith, S.P., Benz, M.J: & Silvestroni, O. (1988). Relative effectiveness of leaf removal, shoot positioning and trellising for improving winegrape composition. Auckland, NZ, Proceedings of the 2nd International Symposium of Cool Climate Viticulture and Oenology, 132-128
- Lamb, D.; Hall, A.; Louis, J. (2001). Airbone remoting sensing of vines canopy variability and productivity. *Austalian Grapegrower & Winemaker. Annual Technical*.
- Lamb, David (2000).Vineyard Monitoring and Management Beyond 2000: Precision Viticulture: a Workshop Investigating the Latest Technologies for Monitoring and Managing Variability in Vineyard Productivity. Cooperative Research Centre for Viticulture.
- Lobitz, B., L. Johnson, C. Hlavka, R. Armstrong, & C. Bell. (1997) .Grapevine Remote Sensing Analysis of Phylloxera Early Stress (grapes): Remote sensing analysis summary. NASA Technical Memorandum No. 112218. Hanover, Md., NASA Center for AeroSpace Information.
- Lopes, C. (2011). Controlo do crescimento vegetativo e gestão anual da folhagem. 22p. Textos de apoio às aulas de Viticultura, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia.
- Lopes, C. (2011). Ecofisiologia da videira. 14p. Textos de apoio às aulas de Viticultura, Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia
- Lopes, C.M. & Pinto, P.A. (2005). Easy and accurate estimation of grapevine leaf area with simple mathematical models, *Vitis*. 44:55-61.
- Magalhães N., (2008). Tratado de viticultura: a videira, a vinha e o terroir. Chaves Ferreira Publicações, Lisboa, Portugal.
- Martínez-Casasnova, J.A., Bordes, X. (2005). Viticultura de precisión: predicción de cosecha a partir de variables del cultivo e índices de vegetación. *Revista de la Asociación Española de Teledetección* 24, 67-71.
- Moreira, M. B. (2004). *Influência da intensidade de desfolha e remoção de sarmentos na casta Alfrocheiro*. Relatório final do curso de Engenharia Agronómica; Inst. Sup. Agronomia;Lisboa; 2004
- Mulla, D.J. & Schepers, J.S. (1997). Key processes and properties for site-specific soil and crop management. In: PIERCE, F.J., SADLER, E.J. (Eds.). *The state of site-specific*

management for agriculture. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, p. 1-18. Citado por Bernardi, A. *et al.*, 2004

- Murisier, F. & Zufferey, V.(1997). Rapport feuille-fruit de la vigne et qualité du raisin. *Revue Suisse Vitic. Hortic.* 29 (6): 355-362.
- Murisier, F. (1996). Optimisation du rapport feuille-fruit de la vigne pour favoriser la qualité duraisin et accumulation des glucides de reserve. Relation entre le rendement et la chlorose. Thèse Doct. École Polytechnique de Zurich. 132pp
- OIV. (2012). Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts. Ed. Organisation Internationale de la Vigne et du Vin, Paris.
- Ojeda, H. (2001). Bases ecophysiologiques et choix techniques dans la gestion de l'eau dans les vignobles d'Argentine. XII GESCO. Montpellier, 1: 75-86.
- Ojeda, H. (2007). Riego cualitativo de precisión en la vid. *Enologia*. Argentina, año IV, Marzo-Abril, 1: 16-20
- Ortega- Faria, S., Righetti, T., Sasso, F., Acevedo, C., Matus, F. & Moreno, Y. (2003). Site-specific management of irrigation in wine grapevine. Santiago, P. Universidad Católica de Chile. pp. 55-71
- Ortega, R., & Esser, A. (2002). Viticultura de Precisión: Fundamentos, aplicaciones y oportunidades en Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile; 1-10.
- Pires, S. (2008). Detecção Remota para aplicações em Viticultura de Precisão no Alentejo. *Revista da Associação Portuguesa de Enologia*, N 51/52.
- Poni, S., Casalini, L., Bernizzoni, F., Civardi, S. & Intieri, C. (2006). Effects of early defoliation on shoot photosynthesis, yield components, and grape composition. *Am. J. Enol. Vitic.* 57: 397-407.
- Proffitt, T., & Pearse, B. (2004). Adding value to the wine business precisely: using precision viticulture technology in Margaret River. *The Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker*, 491, 40-44.
- Proffitt, T.; Bramley, R.; Lamb, D.; Winter, E. (2006). Precision Viticulture – A new era in vineyard management and wine production. Winetitles, Adelaide.
- Regina, M.A., (1993). *Réponse des cépages de Vitis vinifera L. aux variations de l'environnement: effets de la contrainte hydrique sur la photosynthèse, la photorespiration et la teneur en acide abscissique des feuilles*. 213p. Thèse Doctorale, Univ. Bordeaux II.
- Reynolds, A. G., Senchuk, I. V., van der Reest, C., & de Savigny, C. (2007). Use of GPS and GIS for elucidation of the basis for terroir, spatial variation in an Ontario Riesling vineyard. *American Journal of Enology and Viticulture*, 58, 145–162.
- Reynolds, A.G. & Wardle, D.A. (1989). Effects of timing and severity of summer hedging on growth, yield, fruit composition an canopy characteristics of the Chaunac II. Yield and fruit composition. *American Journal of Enology and Viticulture.*, 40 (4): 299-308

- Reynolds, A.G. (1989) Riesling grapes respond to cluster thinning and shoot manipulation; J. Amer. Soc. Hort. Sci., v. 114, n.º 3, p. 365-367.
- Reynolds, A.G., Wardle, T., Hall, J.W., & Dever, M (1995). Fruit maturation of four *Vitis vinifera* L. cultivares in response to vineyard location and basal leaf removal. *American Journal of Enology and Viticulture.*, 46 (4), 542-558.
- Ribéreau-Gayon, P. (1982). The anthocyanins of grapes and wines, in Anthocyanins (Vol. 6, pp. 214-215). Academic Press: New York.
- Ribéreau-Gayon, J., Dubourdieu, D., Donéche, B., & Lonvaud, A. (2006). Handbook of Enology, Vol.1: The Microbiology of Wine and Vinifications. 2nd Edition. Wiley
- Robert, P.C. (1993). Characterization of soil conditions at the field level for soil specific management. *Geoderma*, Amsterdam, v. 60, n. 1, pp. 57-72. Citado por Bernardi, *et al.*, 2004.
- Ruiz, V. S. (2001). Bases ecophysiológicas et choix techniques dans la gestion de l'eau dans les vignobles Méditerranés: experience de l'Espagne. GESCO, Compte Rendu nº12(1): 102, Montpellier.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Bradstreet, E.D., & Hemmingser, E.A. (1965). Sap pressure in vascular plants: negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Science*, 148 : 339-346
- Searcy, S. W. (1997). Precision Farming: A New Approach to Crop Management, Texas Agricultural Extension Service, The Texas A&M University System, College Station, TX
- Sereno, P., (2009). *Viticultura de precisão: Utilização da deteção remota no estudo da variabilidade espacial do vigor, produção e qualidade, castas "Syrah" e "Touriga franca"*. Dissertação de mestrado em viticultura e enologia, Universidade Técnica de Lisboa.
- Sereno, P.M.V.M. (2006). *Influência da intensidade de desfolha na ecofisiologia, produtividade e qualidade do mosto da casta Trincadeira Preta. 50p.* Relatório de trabalho de fim de curso de Engenharia agrónoma. Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.
- Shaulis, N.J. (1982). Responses of grapevines and grapes to spacing and within canopies. University of California, Davis, *Proc. Grape and Wine Centennial Symposium*, 353-361.
- Smart, R. E. (1985). Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield quality. A review. *American Journal of Enology and Viticulture.*, 36, 230-239
- Smart, R.E. & Robinson M. (1991) Sunlight into wine. A handbook for Winegrape Canopy Management. Winetitles, Adelaide, 88pp
- Smart, R.E.; Dry, P. & Loffler, L. (1987). Critical relations of shoots spacing in vineyards. *Proc. of Third OIV International Symposium on Vine Physiology*, Bordeaux, France, 374-377
- Smith, F. (2003) Precision Viticulture. *Australian Grapegrower and Winemaker*, 468, 31-33

- Sort X., Ubalde J.M. (2005). Aspectos de viticultura de precisión en la práctica de la fertilización razonada. ACE-Revista de Enología
- Souquet, J.M., B. Labarbe, C. Le Guernevé, V. Cheynier, and M. Moutounet. (2000). Phenolic composition of grape stems. J. Agric. Food Chem. 48:1076-1080.
- Spayd, S.E., Tarara, J.M., Mee, D.L., Ferguson, J.C. (2002). Separation of sunlight and temperature effects on the composition of Vitis vinifera cv Merlot berries. Am. J. Enol. Vitic, (53 83), 171-182.
- Thenkabail, P. S. (2003). Biophysical and yield information for precision farming from near-real-time and historical Landsat TM images, International Journal of Remote Sensing, pp. 24:14, 2879-2904.
- Tisseyre B., Mazzoni C., Fonta H. (2008). Within-field temporal stability of some parameters in viticulture: potential toward a site specific management. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin 42, 27-39.
- Vasconcelos, M. & S. Castagnoli (2000). Leaf canopy structure and vine performance. Am. J. Enol. Vitic., 51 (4): 390-396
- Wample R.L., Mills L., Davenport J.R. (1999). Use of precision farming practices in grape production. Proc IV International Conference on Precision Agriculture. St Paul, MN, USA, July 19-22. pp. 897-905.
- Wiegand, C.L., Richardson, A.J., Escobar, D.E., Gerbermann, A.H. (1991) Vegetation indices in crop assessments. Remote Sensing of Environment, 35, 105-119.
- Williams, L. (1996) Grape. In: Photoassimilate distribution in plants and crops. Source-sink relationships. 851-881. Zamski e Schaffer (eds). Marcel Dekker Publishing.
- Williams, L.E., Biscay, P.J. & Smith, R.J. (1987). Effect of interior canopy defoliation on berry composition and potassium distribution in Thompson Seedless grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 38(4), 287-292
- Winkler, A.J. (1954). Effects of overcropping. *American Journal of Enology and Viticulture.*, 5, 4-14
- Winkler, A.J. (1958). The relation of leaf area and climate to vine performance and grape quality. *American Journal of Enology and Viticulture.* 5, 4-12.
- Winkler, A.J., Cook, J.A., Kliewer, W.M. & Lider, L.A. (1974). The physiology of the vine. In: General viticulture. 90-109. University of California Press, Berkeley
- <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/> (accedido a 20/01/2013)

ANEXO I

Tabela - médias dos parâmetros analisados nas 6 videiras amostrais dos 9 pontos.